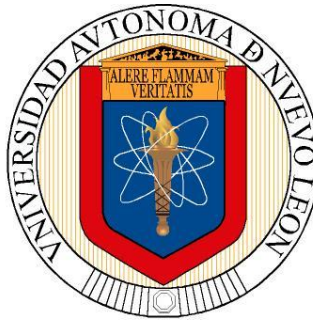


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**REVISIÓN TAXONÓMICA DE LA SECCIÓN *Salmianae*  
Berger DEL GÉNERO *Agave* L. (AGAVACEAE)**

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA**

**PRESENTA**

**M. C. MARCELA GONZÁLEZ ÁLVAREZ**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**REVISIÓN TAXONÓMICA DE LA SECCIÓN *Salmianae*  
Berger DEL GÉNERO *Agave* L. (AGAVACEAE)**

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA**

**PRESENTA**

**MARCELA GONZÁLEZ ÁLVAREZ**

**COMISIÓN DE TESIS:**

---

**DR. SALOMÓN J. MARTÍNEZ LOZANO  
PRESIDENTE (DIRECTOR)**

---

**DR. VÍCTOR R. VARGAS LÓPEZ  
ASESOR (SECRETARIO)**

---

**DR. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ  
ASESOR (PRIMER VOCAL)**

---

**DRA. HILDA GÁMEZ GONZÁLEZ  
ASESOR (SEGUNDO VOCAL)**

---

**DRA. MA. JULIA VERDE STAR  
ASESOR (TERCER VOCAL)**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO 2005.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**REVISIÓN TAXONÓMICA DE LA SECCIÓN *Salmianae*  
Berger DEL GÉNERO *Agave* L. (AGAVACEAE)**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

MARCELA GONZÁLEZ ÁLVAREZ

---

DR. SALOMÓN J. MARTÍNEZ LOZANO.  
PRESIDENTE (DIRECTOR)

---

DR. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA.  
DIRECTOR EXTERNO

MONTERREY, N. L.

JUNIO 2005.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Salomón Javier Martínez Lozano Asesor de mi tesis, así como a los miembros del Comité de Tesis: Dr. Víctor R. Vargas López, Dr. Roberto Mercado Hernández, Dra. Hilda Gámez González y Dra. Ma. Julia Verde Star, por sus valiosas sugerencias e interés en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla por su participación y apoyo como Asesor Externo en la realización de esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Al Departamento de Botánica y la Subdirección de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas por permitirme el uso de su equipo y su invaluable ayuda en el desarrollo de este estudio.

A mi familia por el apoyo moral que siempre me han brindado y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

1. RESUMEN.	1
2. INTRODUCCIÓN.	3
3. HIPÓTESIS.	8
4. OBJETIVOS.	8
4.1. Objetivo general.	8
4.2. Objetivos específicos.	8
5. ANTECEDENTES.	9
5.1. TAXONOMÍA.	9
5.1.1. Familia Agavaceae.	9
5.1.2. Género <i>Agave</i> .	15
5.2. PALINOLOGÍA.	18
5.3. FITOGEOGRAFÍA.	23
5.4. FENÉTICA.	25
5.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA.	27
6. METODOLOGÍA.	30
6.1. Trabajo de campo.	30
6.1.1. Determinación de las localidades de colecta.	30
6.1.2. Colectas selectivas de ejemplares botánicos.	30
6.1.3. Obtención de datos ecológicos y de distribución de las especies.	30
6.1.4. Obtención de fotografías de las especies en su hábitat.	31
6.2. Trabajo de laboratorio.	31
6.2.1. Herborización, fumigación e inclusión de ejemplares.	31
6.2.2. Revisión de ejemplares depositados en Herbarios.	31
6.2.3. Análisis de la morfología, anatomía y citología de las especies.	32
a). Morfología.	32
b). Anatomía de la Flor.	33
c). Palinología.	33
6.3. Análisis de datos.	36
6.3.1. Análisis Fenético.	36
6.3.2. Procesamiento de datos.	38
6.4. Análisis Descriptivo.	40
6.5. Diagrama de flujo.	41
7. RESULTADOS.	42
7.1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA.	42
7.1.1. Forma de Crecimiento.	42
7.1.2. Raíces.	43

7.1.3. Tallo.	43
7.1.4. Hoja.	44
7.1.5. Inflorescencia.	51
7.1.6. Flor.	54
a) Androceo.	56
b) Gineceo.	63
7.1.7. Fruto.	65
7.2. ANÁLISIS FENÉTICO.	66
7.3. ANÁLISIS TAXONÓMICO.	74
7.3.1. LA FAMILIA AGAVACEAE.	74
7.3.2. EL GÉNERO AGAVE.	75
7.3.3. LA SECCIÓN <i>Salmianae</i> .	76
<i>Agave gentryi</i> .	78
<i>Agave mapisaga</i> .	85
<i>Agave montana</i> .	92
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i> .	96
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> .	111
<i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> .	119
<i>Agave tecta</i> .	123
8. DISCUSIÓN.	126
8.1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA.	126
8.2. FENÉTICA.	128
8.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT.	129
8.4. FITOGEOGRAFÍA.	134
8.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA.	137
9. CONCLUSIONES.	138
10. RECOMENDACIONES.	139
11. LITERATURA CITADA.	140
12. ANEXO.	149
12.1. CLAVES TAXONÓMICAS.	150
A) Clave para la determinación de Subgéneros del Género <i>Agave</i> .	150
B) Clave para la determinación de Especies de la Sección <i>Salmianae</i> del Subgénero <i>Agave</i> .	150
C) Clave para la determinación de subespecies y variedades de <i>Agave salmiana</i> .	151

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



REVISIÓN TAXONÓMICA DE LA SECCIÓN *Salmianae*  
Berger DEL GÉNERO *Agave* L. (AGAVACEAE)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

MARCELA GONZÁLEZ ÁLVAREZ

COMISIÓN DE TESIS:

DR. SALOMÓN J. MARTÍNEZ LOZANO  
PRESIDENTE (DIRECTOR)

  
DR. VÍCTOR R. VARGAS LÓPEZ  
ASESOR (SECRETARIO)  
DR. ROBERTO MERCADO HERNANDEZ  
ASESOR (PRIMER VOCAL)  
DRA. HILDA GÁMEZ GONZÁLEZ  
ASESOR (SEGUNDO VOCAL)  
DRA. MA. JULIA VERDE STAR  
ASESOR (TERCER VOCAL)

MONTERREY, N. L.

JUNIO 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**REVISIÓN TAXONÓMICA DE LA SECCIÓN *Salmianae*  
Berger DEL GÉNERO *Agave* L. (AGAVACEAE)**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ESPECIALIDAD EN BOTÁNICA

PRESENTA

MARCELA GONZÁLEZ ÁLVAREZ

DR. SALOMÓN J. MARTÍNEZ LOZANO.  
PRESIDENTE (DIRECTOR)

DR. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA.  
DIRECTOR EXTERNO



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Clasificaciones taxonómicas de la Familia Agavaceae de acuerdo a diversos autores. . . . .	14
<b>Tabla 2.</b> Agaves utilizados para el análisis anatómico. . . . .	33
<b>Tabla 3.</b> Ejemplares utilizados para el análisis palinológico. . . . .	35
<b>Tabla 4.</b> Matriz de datos (MD) para el análisis fenético de las especies, variedades y subespecie de la sección <i>Salmianae</i> . . . . .	39
<b>Tabla 5.</b> Caracteres y medidas de los granos de polen de las especies de la Sección <i>Salmianae</i> . . . . .	57
<b>Tabla 6.</b> Comparación de las especies, variedades y subespecie de la sección <i>Salmianae</i> obtenidas en este trabajo y las propuestas por Gentry en 1982. . . . .	73

Tabla 1. Clasificaciones taxonómicas de la Familia Agavaceae de acuerdo a diversos autores.




























Hutchinson (1934)	Traub (1953)	Takhtajan (1980)	Cronquist (1981)	Dahlgren y Clifford (1982)	Dahlgren, Clifford y Yeo (1985)	Hernández (1995)
		Orden Asparagales Suborden Lilineae	Orden Liliales	Orden Asparagales	Orden Asparagales	Orden Asparagales
Fam. Agavaceae	Fam. Agavaceae Tribu Hosteae <i>Hosta</i>	Fam. Agavaceae Tribu Hosteae <i>Hosta</i>	Fam. Agavaceae	Fam. Funkiaceae <i>Hosta</i>	Fam. Funkiaceae <i>Hosta</i>	Fam. Funkiaceae <i>Hosta</i> <i>Hesperocallis</i>
Tribu Yuceae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	Tribu Yuceae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	Tribu Yuceae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	Subfam. Yuccoideae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	Familia Agavaceae Subfam. Yuccoideae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i> <i>Hesperoyucca</i>	Fam. Agavaceae Subfam. Yuccoideae <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i>	Fam. Agavaceae Subfam. Yuccoideae Gén. <i>Yucca</i> Subgén. <i>Clistoyucca</i> Subgén. <i>Chaenoyucca</i> Gén. <i>Hesperoyucca</i> Gén. <i>Excremis</i>
Tribu Agaveae <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i> <i>Doryanthes</i>	Tribu Agaveae Género <i>Agave</i> Género <i>Beschorneria</i> Género <i>Furcraea</i> Género <i>Doryanthes</i>	Tribu Agaveae <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i>	Subfam. Agavoideae <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i>	Subfam. Agavoideae <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Bravoa</i> <i>Furcraea</i> <i>Littaea</i> <i>Manfreda</i> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i>	Subfam. Agavoideae <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i> <i>Manfreda</i> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravia</i>	Subfam. Agavoideae Tribu <i>Hesperaloeae</i> <i>Hesperaloë</i> Tribu <i>Beschornerieae</i> <i>Beschorneria</i> Tribu <i>Agaveae</i> <i>Agave</i> <i>Manfreda</i> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravia</i>
Tribu Poliantheae <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravia</i>	Tribu Poliantheae <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravia</i>		Subfam. Polyntheae <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i>	Fam. Doryanthaceae <i>Doryanthes</i>	Fam. Doryanthaceae <i>Doryanthes</i>	Fam. Doryanthaceae <i>Doryanthes</i>
		Fam. Doryanthaceae <i>Doryanthes</i>	Fam. Doryanthaceae <i>Doryanthes</i>	Fam. Phormiaceae <i>Phormium</i>	Fam. Phormiaceae <i>Phormium</i>	Fam. Phormiaceae <i>Phormium</i>
Tribu Phormieae <i>Phormium</i>	Tribu Phormieae <i>Phormium</i>	Fam. Phormiaceae Tribu Phormieae <i>Phormium</i> Tribu Dianeleae <i>Daniella</i> Tribu Blandfordieae <i>Blandfordia</i>	Subfam. Phormieae <i>Phormium</i>	Fam. Asphodelaceae Subfam. Astelioideae <i>Cordylina</i> <i>Cohnia</i>	Fam. Asteliaceae  <i>Cordylina</i> <i>Cohnia</i>	Fam. Asteliaceae  <i>Cordylina</i> <i>Cohnia</i>
Tribu Dracaeneae <i>Cordylina</i> <i>Cohnia</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	Tribu Dracaeneae <i>Cordylina</i> <i>Cohnia</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	Subor.Asparagineae Fam. Dracaenaceae Subfam. Astelioideae <i>Milligania</i> <i>Astelia</i> Subfam.Dracaenoideae <i>Cordylina</i> <i>Dracaena</i> <i>Cohnia</i> Subfam. Sansevieriae <i>Sansevieria</i>	Subfam. Dracaeneae <i>Cordylina</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	Fam. Dracaenaceae Subfam. Dracaenoideae <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	Fam. Dracaenaceae  <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	Fam. Dracaenaceae  <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>
Tribu Nolineae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>	Tribu Nolineae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i> <i>Beaucarnea</i>	Subfam. Nolineae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>	Subfam. Nolineae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>	Fam. Nolinaceae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i>	Fam. Nolinaceae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i>	Fam. Nolinaceae <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i>










Tabla 4. Matriz de datos (MD) para el análisis fenético de las especies, variedades y subespecie de la sección *Salmianae*

OTU'S	Caracteres																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	55	170	120	10.5	19	1.2	500	0	65	22.1	0	0	5.85	1.3	0	0	10.6	3.7	1.82	0.66	0	1	7	0.58	2.25	2.83	0.53	7.36	0.2	0.26	5	0.1	1.88	0.2
2	42	145	80	11.8	18	1.1	400	2	58.8	16.2	0	0	4.83	0.75	0	0	8	2.15	1.48	0.95	0	1	7	0.56	2.25	2.83	0.53	7.37	0.2	0.27	5	0.1	1.75	0.2
3	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1	3.2	1.7	0.95	0	1	6.7	0.8	2.2	2.9	0.55	7.2	0.2	0.27	5.3	0.1	1.8	0.2
4	55	150	120	11.8	23.9	1.93	500	2	58.8	16.2	0	0	4.83	0.75	0	0	8	2.15	1.48	0.95	0	1	7	0.56	2.25	2.83	0.53	7.9	0.2	0.27	5.5	0.1	2.2	0.27
5	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1	3.2	1.7	0.95	0	1	6.7	0.8	2.2	2.9	0.55	7.2	0.2	0.27	5.3	0.1	1.8	0.2
6	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1	3.2	1.7	0.95	0	1	6.7	0.8	2.2	2.9	0.55	7.2	0.2	0.27	5.3	0.1	1.8	0.2
7	50	150	125	13	25.5	0.8	450	0	78.5	24.8	0	0	4.25	0.8	0	0	11.8	5.52	1.6	1.16	2	1	6.02	0.68	2.03	2.25	0.58	8.5	0.2	0.2	5.83	0.15	1.75	0.2
8	30	40	40	6	11.5	1.5	400	2	21.5	11.2	0	1	2	0.25	0	0	2.7	2.1	1	0.7	2	2	4.7	0.9	1	2.3	0.4	3.5	0.2	0.2	3.2	0.15	1.4	0.1
9	30	40	40	4.2	10.5	1.5	400	2	22.5	11.5	0	1	1.1	0.5	0	0	1.1	1.6	0.9	0.98	2	2	5	0.9	1.6	0.7	0.5	3.6	0.2	0.2	3.5	0.1	1.5	0.15
10	30	40	40	6	11.5	1.5	350	2	14.5	10.3	0	1	1.7	0.7	0	0	1.1	1.3	0.7	0.8	2	2	5.3	0.9	1.5	2.5	0.6	3.9	0.15	0.2	4	0.1	1.7	0.2
11	30	40	40	5.3	11	1	400	2	17.5	10	0	1	4.5	0.35	0	0	2.3	2.3	1	1.4	2	2	4.7	0.9	2	2.7	0.8	4	0.1	0.2	5	0.1	2	0.2
12	70	120	120	11.5	21	1.5	400	1	46	17	0	2	4.7	0.9	0	1	8.5	2.5	1.5	1.5	2	2	6.6	0.95	2	4.6	0.6	5.35	0.1	0.2	5.45	0.25	2.5	0.2
13	60	120	120	12.5	24	2	400	1	45	16	0	2	4	0.8	0	1	9	3	1.5	0.8	2	2	6.3	0.95	2	4.3	0.5	5	0.1	0.2	5.5	0.25	2.7	0.2
14	70	130	130	13	26	2	530	1	48	18	0	2	3	0.9	0	1	8.5	2.65	1.45	0.95	2	2	6.7	0.95	2	4.7	0.6	5.35	0.1	0.2	5.45	0.25	3.3	0.2
15	60	430	240	5	40	0.5	730	1	240	22.8	1	1	3.26	0.73	0	2	10.8	4.1	1.75	0.43	0	1	8.6	0.92	2	4.75	0.77	8.4	0.2	0.3	7.45	0.15	2.5	0.3
16	50	450	200	10.5	30	0.9	800	1	200	22	1	1	6.5	0.8	1	0	13	5.3	1.4	0.7	0	0	6.8	0.8	4	4.1	0.65	4	0.2	0.1	5	0.1	2.2	0.2
17	30	500	230	5.2	26.5	0.8	800	1	230	19	1	1	4.9	0.5	0	2	23.5	3.5	1.5	0.2	0	1	9	0.9	2.5	4	0.7	7	0.2	0.3	6.6	0.1	3	0.3
18	30	520	300	8.5	32	0.5	1200	1	300	19	1	1	6	0.4	0	1	21.5	4.3	1.3	0.6	1	1	9	0.9	2.5	4.5	0.8	7.2	0.2	0.3	6.7	0.1	2.8	0.25
19	30	450	240	4.9	27	0.7	1000	1	240	19	1	1	5	0.5	0	2	22.5	3.5	1.5	0.2	1	1	8.9	0.9	2.5	4	0.7	7.2	0.2	0.3	6.5	0.1	2.7	0.3
20	35	460	230	5	26.5	0.8	780	1	237	19	1	1	4.9	0.5	0	2	23.5	3.5	1.5	0.2	1	1	9	0.9	2.5	4	0.7	7	0.2	0.3	6.6	0.1	3	0.3
21	40	480	240	10.5	35	0.9	800	1	240	17	1	1	4	0.7	0	1	21.7	6	1.5	0.4	1	1	8.9	0.9	2.7	4.7	0.8	7.3	0.2	0.3	6.8	0.1	2.7	0.3
22	45	300	200	25.5	20	1	900	999	160	40	0	0	7.5	0.7	0	1	10	5.6	1.46	0.68	0	1	9.5	1.6	2.1	3.4	1.5	5.5	0.2	0.2	4.5	0.1	1.8	0.1
23	45	300	200	25.5	22	1	900	999	160	40	0	0	7.5	0.7	0	1	10.5	5.6	1.46	0.68	0	1	9.5	1.6	2	3.2	1.5	5.5	0.2	0.2	2.5	0.1	1.8	0.1
24	50	350	230	11	32	1.5	900	0	215	25	1	0	3.5	0.8	1	0	15	5	1.8	1	0	0	7.7	0.9	4	2.5	0.42	5	0.2	0.2	6	0.1	2.5	0.2
25	55	315	230	12	28	1.4	930	0	213	25	1	0	4.6	0.7	1	0	15	3	1.4	0.7	0	0	6.9	0.8	4	4.1	0.5	5.4	0.2	0.2	6	0.1	2.4	0.2
26	55	315	230	11	32	1.5	930	0	213	25	1	0	3.5	0.7	1	0	13.5	5.3	1.4	1	0	0	6.8	1	3	2.5	0.42	5	0.2	0.2	6	0.1	2.5	0.2
27	50	250	150	9.5	30	1.5	700	0	150	23.5	1	1	7	1.2	0	0	25.5	6	2	0.9	0	1	8	0.8	2.4	3.5	0.6	6	0.2	0.2	7	0.1	2.4	0.2
28	30	450	220	11.7	53	1.1	1200	1	250	22.7	1	1	3	0.7	0	1	21	3.1	1.5	0.3	0	1	8.4	0.9	3	3.5	0.5	8.5	0.2	0.3	6.5	0.1	2.7	0.15
29	48	360	282	5.5	43	3.5	1057	0	205	25	1	1	5.1	0.5	1	2	14	5.3	1.4	1	0	1	7.7	1	2.4	5.5	0.9	7.5	0.2	0.15	6.3	0.1	3.4	0.2
30	55	310	180	5	30	1.3	1000	0	145	25.5	1	1	6.2	1	1	2	13.5	5.2	1.6	0.9	0	1	7.5	1	2.4	3.8	0.5	7.5	0.2	0.15	6.3	0.1	3.2	0.2
31	48	310	180	5	30	1.3	950	0	145	25.5	1	1	6.2	1	1	2	13.5	5.2	1.6	0.9	0	1	7.4	0.9	3.5	4.5	0.8	7.3	0.15	0.2	5.8	0.1	3.4	0.2
32	48	250	180	5	30	1.3	800	0	150	19	1	0	11	0.6	1	2	5	4	1.2	0.8	0	0	9	1	2.1	3.6	0.7	7.5	0.2	0.2	5.5	0.1	2.4	0.2
33	55	300	180																															



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Fig. 1.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del largo de la hoja en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	45
<b>Fig. 2.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del ancho de la hoja en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	46
<b>Fig. 3.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, de la longitud de los dientes en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	47
<b>Fig. 4.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del ancho de los dientes en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	48
<b>Fig. 5.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, de la distancia entre los dientes en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	49
<b>Fig. 6.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, de la distancia entre la espina terminal y el primer diente en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	49
<b>Fig. 7.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, de la longitud de la espina terminal en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	51
<b>Fig. 8.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del ancho de la espina terminal en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	51
<b>Fig. 9.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del largo de la bráctea en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	53

<b>Fig. 10.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del ancho de la bráctea en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	<b>54</b>
<b>Fig. 11.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, de la longitud de la flor en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	<b>55</b>
<b>Fig. 12.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  , media  , mediana ( ) y desviación estándar  ) en cm, del ancho de la flor en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	<b>56</b>
<b>Fig. 13.</b> <i>Agave gentryi</i> . Vista polar. Sulco anaulcerado. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 14.</b> <i>Agave gentryi</i> . Eje polar. Lúmenes algunos muy amplios, otros reducidos. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 15.</b> <i>Agave gentryi</i> . Abertura “herradura”. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 16.</b> <i>Agave gentryi</i> . Exina per-reticulada. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 17.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Disulcado. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 18.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Lúmenes de tamaño variable. . . . .	<b>59</b>
<b>Fig. 19.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Vista ecuatorial. Disulcada. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 20.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Lúmenes reducidos con bordes lisos. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 21.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Anasulcado con los bordes de la nexina muy gruesa. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 22.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Monosulcado, exina semitectada y en la zona de la abertura tectada perforada. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 23.</b> <i>Agave montana</i> . Sulco con membrana y restos de la nexina. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 24.</b> <i>Agave montana</i> . Exina per-reticulada. . . . .	<b>60</b>
<b>Fig. 25.</b> <i>Agave montana</i> . Lúmenes de tamaño variable. . . . .	<b>61</b>
<b>Fig. 26.</b> <i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Anasulcado. Lúmenes de tamaño variable. . . . .	<b>61</b>
<b>Fig. 27.</b> <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Exina per-reticulada. . . . .	<b>61</b>
<b>Fig. 28.</b> <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Lúmenes irregulares con báculas y verrugas. . . . .	<b>61</b>

<b>Fig. 29.</b> <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Detalle de báculas en el lumen. . . . .	61
<b>Fig. 30.</b> <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Vista polar, exina per-reticulada. . . . .	61
<b>Fig. 31.</b> <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Anaulcerado, membrana de la nexina angosta. . . . .	62
<b>Fig. 32.</b> <i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> . Anaulcerado, con un radio opérculo, membrana nexinosa muy amplia. . . . .	62
<b>Fig. 33.</b> <i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> . Lúmenes de tamaño variable. . . . .	62
<b>Fig. 34.</b> <i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> . Grupo de granos de polen. . . . .	62
<b>Fig. 35.</b> <i>Agave parrasana</i> . Vista ecuatorial. Disulcado. . . . .	62
<b>Fig. 36.</b> <i>Agave parrasana</i> . Lúmenes con báculas y verrugas. . . . .	62
<b>Fig. 37.</b> <i>Agave tecta</i> . Exina per-reticulada, lúmenes pequeños. . . . .	63
<b>Fig. 38.</b> <i>Agave tecta</i> . Lúmenes con verrugas. . . . .	63
<b>Fig. 39.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo $\overline{\text{H}}$ , media ( $\overline{\text{I}}$ ), mediana (I) y desviación estándar $\square$ ) en cm, de la longitud del ovario en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	64
<b>Fig. 40.</b> Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo $\overline{\text{H}}$ , media ( $\overline{\text{I}}$ ), mediana (I) y desviación estándar $\square$ ) en cm, del ancho del ovario en las especies de la sección <i>Salmianae</i> , en comparación con <i>A. parrasana</i> . . . . .	64
<b>Fig. 41.</b> Fenograma que muestra la formación de grupos en las poblaciones de las especies de la sección <i>Salmianae</i> del género <i>Agave</i> resultado del método de agrupamiento UPGMA, empleando el coeficiente de similitud Distancia de Manhattan. Coeficiente de Correlación cofenética ( $r = 0.94$ ). . . . .	69
<b>Fig. 42.</b> Fenograma que muestra la formación de grupos en las poblaciones de las especies de la sección <i>Salmianae</i> del género <i>Agave</i> resultado del método de agrupamiento UPGMA, empleando el coeficiente de similitud Distancia de Manhattan. Coeficiente de Correlación cofenética ( $r = 0.95$ ). . . . .	69
<b>Fig. 43.</b> Arreglo definido por el primero y segundo componentes principales para ejemplares de <i>Agave gentryi</i> , <i>A. mapisaga</i> , <i>A. montana</i> , <i>A. tecta</i> y <i>A. parrasana</i> . . . . .	70

<b>Fig. 44.</b> Arreglo definido por el primer y tercer componentes principales para ejemplares de <i>Agave gentryi</i> , <i>A. mapisaga</i> , <i>A. montana</i> , <i>A. tecta</i> y <i>A. parrasana</i> . . . . .	<b>71</b>
<b>Fig. 45.</b> Arreglo definido por el primero y segundo componentes principales para ejemplares de <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> , <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> y <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> . . . . .	<b>72</b>
<b>Fig. 46.</b> Arreglo definido por el primer y tercer componentes principales para ejemplares de <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> , <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> y <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> . . . . .	<b>72</b>
<b>Fig. 47.</b> <i>Agave gentryi</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>83</b>
<b>Fig. 48.</b> <i>Agave gentryi</i> en floración. Estación Carneros, Saltillo, Coah. . . . .	<b>83</b>
<b>Fig. 49.</b> <i>Agave gentryi</i> . Cultivada. Arteaga, Coah. . . . .	<b>83</b>
<b>Fig. 50.</b> <i>A. gentryi</i> . Inflorescencia ovoide. Arteaga, Coah. . . . .	<b>84</b>
<b>Fig. 51.</b> <i>A. gentryi</i> . Detalle de las flores. Saltillo, Coah. . . . .	<b>84</b>
<b>Fig. 52.</b> <i>A. gentryi</i> . Detalle del “cogollo”. San Antonio de las Alazanas. Arteaga, Coah. . . . .	<b>84</b>
<b>Fig. 53.</b> <i>A. gentryi</i> . Flores en panículas umbeliformes. Estación Carneros, Saltillo, Coah. . . . .	<b>84</b>
<b>Fig. 54.</b> <i>Agave mapisaga</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>89</b>
<b>Fig. 55.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. . . . .	<b>89</b>
<b>Fig. 56.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Dientes intersticiales en el margen de la hoja. Jardín Botánico de la UNAM. . . . .	<b>90</b>
<b>Fig. 57.</b> <i>A. mapisaga</i> . Detalle de la espina terminal. Jardín Botánico UNAM. . . . .	<b>90</b>
<b>Fig. 58.</b> <i>Agave mapisaga</i> . Planta en floración. Pánfilo Natera, Zac. . . . .	<b>90</b>
<b>Fig. 59.</b> <i>A. mapisaga</i> . Ejemplar joven, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. . . . .	<b>91</b>
<b>Fig. 60.</b> <i>A. mapisaga</i> . Cultivada en Ixmiquilpan, Hgo. . . . .	<b>91</b>
<b>Fig. 61.</b> <i>Agave montana</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>94</b>
<b>Fig. 62.</b> <i>A. montana</i> . Inflorescencia. Rayones, N. L. . . . .	<b>94</b>



<b>Fig. 63.</b> <i>A. montana</i> . Frutos. Rayones, N. L. . . . .	<b>94</b>
<b>Fig. 64.</b> <i>A. montana</i> . Roseta. Rayones, N. L. . . . .	<b>94</b>
<b>Fig. 65.</b> <i>A. montana</i> . Ardilla en la punta de la inflorescencia, comiendo los ovarios de las flores. . . . .	<b>95</b>
<b>Fig. 66.</b> <i>A. montana</i> . Hojas de la roseta en proceso de descomposición. Rayones, N. L. . . . .	<b>95</b>
<b>Fig. 67.</b> <i>A. montana</i> . Ejemplar joven. El Cedral, Rayones, N. L. . . . .	<b>95</b>
<b>Fig. 68.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>107</b>
<b>Fig. 69.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Cultivada. San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah. . . . .	<b>107</b>
<b>Fig. 70.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Inflorescencia. Arteaga, Coah. . . . .	<b>107</b>
<b>Fig. 71.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Cultivada. Estación Carneros, Saltillo, Coah. . . . .	<b>108</b>
<b>Fig. 72.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Medición de hojas. Saltillo, Coah. . . . .	<b>108</b>
<b>Fig. 73.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Medición de la distancia entre los dientes. Saltillo, Coah. . . . .	<b>108</b>
<b>Fig. 74.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Planta adulta sin inflorescencia creciendo en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM. . . . .	<b>109</b>
<b>Fig. 75.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Planta en primeras etapas de desarrollo, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. . . . .	<b>109</b>
<b>Fig. 76.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> . Planta en etapa juvenil, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. . . . .	<b>109</b>
<b>Fig. 77.</b> <i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>117</b>
<b>Fig. 78.</b> <i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Planta en etapa adulta, creciendo en matorral xerófilo. Ixmiquilpan, Hgo. . . . .	<b>117</b>
<b>Fig. 79.</b> <i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Planta en etapa adulta sin inflorescencia, creciendo en bosque de encino-pino. Arteaga, Coah. . . . .	<b>118</b>
<b>Fig. 80.</b> <i>A. salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> . Planta en etapa de fructificación. Ixmiquilpan, Hgo. . . . .	<b>118</b>

<b>Fig. 81.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto. . . . .	<b>121</b>
<b>Fig. 82.</b> <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> . Creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM.	<b>121</b>
<b>Fig. 83.</b> <i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> . Creciendo como planta de ornato en la Cd. de Puebla, Pue. . . . .	<b>122</b>
<b>Fig. 84.</b> <i>Agave tecta</i> . a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flores. . . . .	<b>124</b>
<b>Fig. 85.</b> Distribución de las especies <i>Agave gentryi</i> , <i>A. mapisaga</i> , <i>A. montana</i> y <i>A. tecta</i> en México y Guatemala. . . . .	<b>125</b>
<b>Fig. 86.</b> Distribución de <i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> , <i>A. salmiana</i> var. <i>ferox</i> y <i>A. salmiana</i> var. <i>salmiana</i> en México. . . . .	<b>125</b>

## 1. RESUMEN

El género *Agave* ha representado un importante recurso natural desde la época prehispánica como fuente de alimento, fibras, bebidas, forraje, medicina y materiales de construcción. Taxonómicamente comprende dos subgéneros: *Littaea* y *Agave*, y dentro del subgénero *Agave* a la sección *Salmianae*. Con el propósito de delimitar las especies que constituyen esta sección, se realizó su revisión taxonómica, tomando como base caracteres morfológicos, anatómicos y citológicos, considerando así mismo aspectos ecológicos y fitogeográficos utilizando los métodos taxonómicos modernos de fenética.

Se realizaron colectas y visitas de reconocimiento de las poblaciones de las especies de la sección *Salmianae* presentes en México, así como la revisión minuciosa de ejemplares de herbario. El trabajo de gabinete se desarrolló en el Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL.

Se corroboró la presencia de cuatro especies (*Agave gentryi* B. Ullrich, *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* Otto y *A. tecta* Trel.), se excluye una especie (*Agave ragusae* Terr.) y dos variedades (*Agave mapisaga* var. *lisa* Gentry y *Agave salmiana* var. *angustifolia* Berger), se incluye *Agave montana* Villarreal.

Los granos de polen son disulcados en *A. mapisaga* y *A. salmiana* ssp. *crassispina* y monosulcados en *A. montana*, *A. gentryi* y *A. salmiana* var. *salmiana*; su longitud varía de 70-90  $\mu\text{m}$  en el eje polar mayor y de 60-73  $\mu\text{m}$  en el eje polar menor.

Las especies del grupo *Salmianae* son endémicas para México con excepción de *Agave tecta* que crece como cultivada en Guatemala.

## ABSTRACT

The genus *Agave* has represented an important natural resource since the pre-Hispanic period as a food resource, fiber, beverages, forage, medicines and construction materials. Taxonomically two subgenera have been described: *Littaea* and *Agave*, including the *Salmianae* section within the subgenus *Agave*. In order to delimit the species that constitute this section, a taxonomic revision was made, taking into account morphological, anatomical and cytological characteristics, considering besides other ecological and phytogeographic aspects using modern phenetic methods.

Field studies were carried out for the recognition of the populations of the present species on the section *Salmianae* in Mexico as well as the detailed inspection of herbarium specimens. Bentchtop work was developed in the Department of Botany of the Faculty of Biological Sciences of the UANL.

The presence of four species was corroborated (*Agave gentryi* B. Ullrich, *A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* Otto and *A. tecta* Trel.). A species (*Agave ragusae* Torr.) and two varieties (*Agave mapisaga* var. *lisa* Gentry and *Agave salmiana* var. *angustifolia* Berger) were excluded. *Agave montana* Villarreal was included.

The pollen grains of *A. mapisaga* and *A. salmiana* ssp. *crassispina* are disulcate, in *A. montana*, *A. gentryi* and *A. salmiana* var. *salmiana* are monosulcate; the length in the major polar axis was 70-90  $\mu\text{m}$  and 60-73  $\mu\text{m}$  in the minor polar axis.

The species of the *Salmianae* group are endemic for Mexico with exception of *Agave tecta* that grows as a cultivated specie in Guatemala.

## 2. INTRODUCCIÓN

Entre las plantas más importantes que han sustentado a los grupos humanos en México a través de su historia se encuentra el género *Agave*, cuyas especies son conocidas comúnmente como “magueyes”. Sus especies han representado un importante recurso natural para el hombre, el uso que tenían variaban de acuerdo a las regiones donde se localizaban los grupos étnicos de las zonas áridas y semiáridas de América, donde se han reportado aproximadamente 310 especies.

En la República Mexicana existen 272 especies por lo que se considera como centro de origen del género. Presenta especies en casi todos los ambientes, tipos de vegetación y altitudes que varían desde el nivel del mar hasta los 3000 m, abarcando las zonas áridas y semiáridas del país y de Norteamérica (Berger, 1915; Gentry, 1972; Rzedowski, 1978; Granados, 1993; García, 1995; García y Galván, 1995; Magallán, 1998).

Los magueyes tienen la capacidad de reproducirse tanto sexual como asexualmente. La reproducción sexual se refiere a la producción de flores, frutos y semillas, mientras que en la forma asexual se producen plantas hijas a través de rizomas o bulbilos o pequeñas rosetas producidas en la inflorescencia. Las plantas se encuentran generalmente formando manchones densos y presentan hojas lisas, color verde, las inflorescencias tienen de 4 a 5 m de altura o más, con el pedúnculo envuelto por brácteas (Verhoek, 1975, Matuda y Piña, 1980, Nobel, 1994).

Dentro del género *Agave*, uno de los grupos más importantes desde el punto de vista económico es la Sección *Salmianae* que incluye especies silvestres y cultivadas, entre las cuales se encuentran las principales productoras de pulque y mezcal en el país. En 1982, Gentry coloca a la sección *Salmianae* en el subgénero *Agave* en el estudio realizado sobre el género para Norteamérica. Esta sección incluye plantas que se caracterizan principalmente por tener grandes hojas en rosetas de 1.5 a 2.5 metros de altura, la mayoría miden de 1.2 a 2.5 metros de longitud y 12 a 40 cm de ancho, fibrosas y succulentas, con dientes sobre el margen y una espina terminal aguda, el eje de la inflorescencia con brácteas carnosas. Flores en panículas, amarillo-verdosas o con tonalidades rojizas, de 70 a 110 mm de longitud, perianto infundibuliforme de tubo corto y 6 segmentos (tépalos) casi iguales (Gentry, 1982; Álvarez de Zayas, 1986, 1988; Espejo y López, 1993; Villarreal, 1996).

Gentry (1982) reconoce dentro de la sección a las siguientes especies: *Agave macroculmis*, *A. mapisaga* (con dos variedades: *mapisaga* y *lisa*), *A. salmiana* (con una subespecie: *crassispina* y tres variedades: *salmiana*, *angustifolia* y *ferox*) y *A. tecta*, que se encuentran con más amplia distribución en las zonas montañosas del centro y noreste de México. Coloca a *Agave ragusae* cultivada en el Instituto Botánico Orto de Sicilia, como especie incierta dentro de la sección, debido a su semejanza con *A. salmiana* var. *ferox*.

El grupo *Salmianae* muestra un alto grado de especialización y filogenéticamente puede ser reconocido como entre los más avanzados o modernos. Su enorme variabilidad, ha sido obviamente inducida por el hombre dado que la mayoría de sus especies son productoras de bebidas de importancia

económica. Es nativo de las zonas montañosas del centro de México (Gentry, 1982).

A pesar de su importancia económica, tanto el género como la familia han presentado problemas para su clasificación botánica y la palinología ha sido escasamente estudiada (Gentry, 1982; Ludlow y Ojeda, 1983). Se considera al género como uno de los grupos “problema” ya que constituye un complejo taxonómico difícil de dilucidar, debido a que presenta un genotipo muy variable que trae como consecuencia un fenotipo igualmente variable y esto, en muchos casos, se refleja en variaciones morfológicas muy marcadas entre las especies, aún dentro de una misma población. Además, muchas especies han sido clasificadas basándose en plantas jóvenes o plantas aclimatadas en invernaderos y jardines botánicos, por lo que muchos caracteres específicos deben haberse modificado. Otro problema que se presenta es el desconocimiento de las localidades tipo de las especies, ya que muchos colectores llevaron (principalmente a Europa) colecciones de individuos vivos cuyo lugar de procedencia se perdió o no fue anotado, estas plantas se propagaron y fueron estudiadas por taxónomos europeos y americanos que empezaron a describir numerosísimas especies cuya localidad tipo era desconocida, por lo que, probablemente, describieron un mayor número de especies de las que en realidad existen (Gómez-Pompa, 1963; Piñol, 1970).

De acuerdo con Toledo (1994), la base para el conocimiento de los recursos naturales son los trabajos taxonómicos tales como monografías y revisiones los cuales sirven de apoyo para el entendimiento de los patrones de biodiversidad. Además, una revisión taxonómica es el estudio de un taxon, en un

área geográfica determinada, siendo necesarios en aquellos casos donde se requiere la actualización de la información de un grupo (Lawrence, 1951; Jones, 1988).

La clasificación es el agrupamiento de objetos en clases sobre la base de atributos que poseen en común y/o sus relaciones. El proceso de clasificar, el reconocimiento de similitudes y el agrupamiento de organismos u objetos en función de esas similitudes, comienza con el hombre primitivo, sin embargo, el origen de la ciencia de la clasificación se remonta hasta los antiguos griegos. En la diversidad que el hombre enfrenta está el mundo viviente y es en éste donde ha tenido lugar un monumental proceso clasificatorio sin paralelo en otras disciplinas (Crisci, 1978).

Los fundamentos de la clasificación biológica son objeto de una de las más intensas controversias en biología, ya que hay varias corrientes de pensamiento acerca de los fundamentos teóricos a aplicar en dicha clasificación. A pesar de la variedad de opiniones se considera que existen, básicamente, cuatro doctrinas sobre la clasificación: Esencialismo, Cladismo, Evolucionismo y Feneticismo (Hull, 1970; Crisci y López, 1983).

El enfoque operativo de la clasificación biológica exige que cualquier hipótesis clasificatoria sea comprobada por la observación, la experimentación y la medición y que se establezcan criterios para definir categorías taxonómicas y operaciones clasificatorias (Sokal y Camin, 1965; Crisci y López, 1983).

Dentro del dinámico contexto histórico surge la taxonomía numérica o fenética en la década de 1950 y se establece como un método válido para clasificar a los seres vivos, fue el resultado de la preocupación entre los



sistemáticos por la práctica intuitiva y poco precisa de su disciplina (Crisci y López, 1983).

La Taxonomía numérica o Fenética ha sido definida como la evaluación numérica de la afinidad o similitud entre unidades taxonómicas y el agrupamiento de estas unidades en taxones, basándose en el estado de sus caracteres (Sokal y Sneath, 1963). El propósito fundamental de la taxonomía numérica comprende dos aspectos: uno filosófico, basado en la teoría clasificatoria denominado “feneticismo” y el otro el de las técnicas numéricas, que son el camino operativo para aplicar dicha teoría (Villaseñor y Méndez, 1998).

En este estudio se incluyen datos de los representantes de la sección *Salmianae*: *Agave gentryi*, *A. montana*, *A. mapisaga*, *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* var. *ferox* que se distribuyen en México y *Agave tecta* endémica para Guatemala, su anatomía, descripciones, sinonimia, hábitat y distribución geográfica. Con fines comparativos se incluye el análisis morfológico de *Agave parrasana* Berger especie endémica para la zona montañosa del sureste del estado de Coahuila, que presenta las brácteas de la inflorescencia succulentas (como en las especies de la sección *Salmianae*) y que fue colocada en la sección *Parryanae* por Gentry en 1982.

Las especies determinadas por Gentry (1982) en la sección *Salmianae*, no han sido estudiadas desde el punto de vista de la taxonomía numérica, por lo que fue necesaria una revisión del grupo utilizando los análisis fenéticos.

### **3. HIPÓTESIS**

Mediante la aplicación de la taxonomía numérica en el estudio de las especies de la sección *Salmianae* del género *Agave* L. (AGAVACEAE), se puede lograr una mejor ubicación sistemática de las mismas.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la revisión taxonómica de la sección *Salmianae* del género *Agave* L. (AGAVACEAE).

#### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Revisar la morfología, anatomía y citología de las especies de la sección *Salmianae* del subgénero *Agave*.
2. Conocer la distribución y hábitat de las especies de la sección estudiada en México y Guatemala.
3. Determinar las especies de la sección *Salmianae* del subgénero *Agave*, en base a análisis fenéticos.
4. Elaborar las descripciones y claves para identificación de los taxa.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1.-TAXONOMÍA

#### 5.1.1. Familia AGAVACEAE

La posición y estatus sistemático de la familia Agavaceae ha generado una gran controversia desde que fue propuesta por Endlicher en 1841, hasta la fecha. Este autor, designó al género *Agave* como tipo nomenclatural, incluyendo además en la familia al género *Furcraea*, sin embargo, en ese tiempo sus ideas tuvieron poca aceptación en la comunidad botánica, de acuerdo con Eguiarte (1995).

En 1866, Salisbury (citado por García y Galván, 1995), divide a la familia en dos secciones: la de ovario súpero con el género *Yucca* y la sección de ovario ínfero con los géneros *Agave*, *Furcraea*, *Littaea*, *Manfreda* y *Polianthes*.

Bentham y Hooker en 1883 proponen una clasificación por series, sin mencionar a la familia Agavaceae como tal, colocando a sus géneros como pertenecientes a las familias Liliaceae (serie *Coronariae*) y Amaryllidaceae (serie *Epigynae*).

En 1888, Engler y Prantl (citados por Hernández, 1998), incluyen a *Hesperaloë* y *Yucca* (de ovario súpero) dentro de la división Yuceae de la familia Liliaceae, mientras que colocan a los géneros *Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea* y *Polianthes* (de ovario ínfero) dentro de la división Agavoideae de la Familia Amaryllidaceae.

En la clasificación de las Monocotiledóneas, propuesta por Lotsy en 1911 (citado por García y Galván, 1995; Magallán 1998), se incluye en la familia Dracaenaceae a los géneros: *Yucca* y *Hesperaloë* mientras que mantiene a la

familia Agavaceae solo con los géneros de ovario ínfero: *Agave*, *Furcraea* y *Polianthes* aunque adiciona *Beschorneria*, *Bravoa* y *Doryanthes*.

Trelease (1920), incluye a los géneros: *Furcraea* y *Agave* dentro de la familia Amaryllidaceae. Divide al género *Agave* en dos subgéneros: *Euagave* caracterizado por las flores en panículas (incluye 119 especies) y *Litteae* con flores en espigas o agrupadas como espigas (incluye 50 especies). Además, hace la referencia de que 15 especies mexicanas de *Agave* que fueron caracterizadas por Berger no fueron incluídas en su trabajo.

Los sistemas de clasificación Englerianos (Bentham y Hooker, 1883; Pax 1887, Baker 1888; Pax y Hoffman, 1930; Krause, 1930) no reconocen a la familia Agavaceae y sitúan a sus géneros como pertenecientes a las familias: Amaryllidaceae donde incluyen al género *Agave* por su ovario ínfero y Liliaceae que incluye a *Yucca* por su ovario súpero (Ojeda, 1988; Eguiarte, 1995; García y Galván, 1995).

En 1934, Hutchinson propone el orden Agavales con dos familias: Agavaceae y Xanthorrhoeaceae, tomando como carácter más importante el tipo de inflorescencia. Divide a la familia Agavaceae en seis tribus y 19 géneros. Al género *Agave* lo incluye dentro de la tribu Agaveae con *Beschorneria*, *Doryanthes* y *Furcraea* (Tabla 1).

Traub (1953) basado en la clasificación de Hutchinson (1934), publica una clave para tribus y géneros de Agavaceae, agregando al género *Hosta*, criterio que posteriormente es utilizado por Berlín (1953), Howard (1979) y Wiggings (1980) entre otros (citados por Ojeda y Ludlow, 1995) (Tabla 1).

De acuerdo con Eguiarte (1995), la Familia Agavaceae propuesta por Hutchinson (1934) ha sido ampliamente aceptada por botánicos que trabajan en México (Reko, 1946; Gómez-Pompa *et al.*, 1971; Gentry, 1972; Granados, 1993; Hernández, 1994), mientras que McVaugh (1989) la ha rechazado, y otros autores han propuesto pocas modificaciones (por ejemplo, Cronquist, 1981).

Actualmente, algunos botánicos han colocado a los géneros de Agavaceae en otras familias como Takhtajan (1980) (Tabla 1).

En 1982, Dahlgren y Clifford proponen dentro del orden Asparagales a la familia Agavaceae con dos subfamilias: Yuccoideae (con los géneros *Hesperaloë*, *Yucca*, *Clistoyucca*, *Samuela* y *Hesperoyucca*) y Agavoideae (con los géneros *Agave*, *Beschorneria*, *Bravoa*, *Furcraea*, *Littaea*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes*) (Tabla 1). El orden Asparagales fue propuesto por Huber (1969) basándose principalmente en la estructura y composición de la semilla (presencia de fitomelanina, estructura de la testa y el endospermo y el tamaño y forma del embrión), para incluir un total de 33 familias.

Dahlgren *et al.*, (1985) toman en cuenta caracteres anatómicos, cariotípicos, morfológicos, químicos, evolutivos y biogeográficos, dividiendo a las Agavaceae *sensu* Hutchinson en siete familias (Funkiaceae, Agavaceae, Doryanthaceae, Phormiaceae, Asteliaceae, Dracaenaceae y Nolinaceae) dentro de su orden Asparagales (Tabla 1).

La posición y relaciones filogenéticas de diferentes géneros emparentados con la familia Agavaceae, tal como fue descrita por Hutchinson (1934) dentro de las monocotiledóneas, fue analizada por Eguiarte en 1995, basándose en la secuencia de ADN del gen del cloroplasto *rbcL* para 134 especies. Los diferentes

análisis identifican tres principales linajes evolutivos en las Agavaceae *sensu* Hutchinson: 1) El de las Agavaceae *sensu stricto* (*Agave*, *Manfreda*, *Beschorneria*, *Hesperaloë* y *Yucca*), *Hosta* (Funkiaceae) y *Chlorophytum* (Anthericaceae). 2) El grupo que incluye a las Nolináceas (*Nolina*, *Beaucarnea* y *Dasyilirion*), a *Sansevieria* (Dracaenaceae) y a *Danae* (Ruscaceae). 3) El formado por las Asphodelaceae (*Aloë*, *Haworthia* y *Kniphofia*) y *Dianella* (Phormiaceae). Los resultados obtenidos apoyan la existencia del orden Asparagales. Se estimó un tiempo de cerca de 14 millones de años para el origen de las Agavaceae verdaderas (separación de Agavaceae-*Hosta*), para la separación de Agavaceae-Nolinaceae de hace unos 47 millones de años y para el origen de las Asparagales + Iridaceae + Cyanastraceae unos 84 millones de años.

Un análisis cladístico con base en caracteres morfológicos de 20 taxa pertenecientes o asociados a la familia Agavaceae, fue realizado por Hernández en 1995, quien obtuvo dos árboles filogenéticos con 163 pasos de longitud y un índice de consistencia de 0.509. Dentro de las Agavaceae *sensu stricto* se separaron los grupos reconocidos como subfamilias Yuccoideae y Agavoidae. De los resultados obtenidos en los cladogramas se propone una clasificación preliminar en la que la familia Agavaceae está compuesta por dos subfamilias Yuccoideae y Agavoidae. La primera contendría a los géneros *Yucca* (con los subgéneros *Clistoyucca* y *Chaenoyucca* no incluídos en el análisis), *Hesperoyucca* y posiblemente a *Excremis* (género sudamericano). La subfamilia Agavoidae se dividiría en tres tribus: Hesperaloeae (*Hesperaloë*), Beschornerieae (*Beschorneria*, *Furcraea*) y Agaveae (*Agave* con los dos subgéneros *Agave* y *Littaea*), *Manfreda*,

*Prochnyanthes*, *Polianthes* y *Pseudobravia* (que bien podría ser un subgénero de *Polianthes*).

García (1998), incluye dentro de la familia Agavaceae a los géneros: *Agave*, *Beschorneria*, *Fourcraea*, *Hesperaloë*, *Manfreda*, *Polianthes*, *Prochnyanthes* y *Yucca*, mencionando además que tienen 30 cromosomas, 5 largos y 25 pequeños, semillas con fitomelano que les da la pigmentación negra, sus flores grandes, bisexuales y frutos triloculares con más de 2 óvulos.

Hutchinson (1934)	Traub (1953)	Takhtajan (1980)	Cronquist (1981)
		<b>Orden Asparagales</b> <b>Suborden Lilineae</b>	<b>Orden Liliales</b>
<b>Fam. Agavaceae</b>	<b>Fam. Agavaceae</b> <b>Tribu Hosteae</b> <i>Hosta</i>	<b>Fam. Agavaceae</b> <b>Tribu Hosteae</b> <i>Hosta</i>	<b>Fam. Agavaceae</b>
<b>Tribu Yuceae</b> <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	<b>Tribu Yuceae</b> <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	<b>Tribu Yuceae</b> <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>	<b>Subfam. Yuceae</b> <i>Hesperaloë</i> <i>Yucca</i> <i>Clistoyucca</i> <i>Samuela</i>
<b>Tribu Agaveae</b> <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i> <i>Doryanthes</i>	<b>Tribu Agaveae</b> Género <i>Agave</i> Género <i>Beschorneria</i> Género <i>Furcraea</i> Género <i>Doryanthes</i>	<b>Tribu Agaveae</b> <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i>	<b>Subfam. Agaveae</b> <i>Agave</i> <i>Beschorneria</i> <i>Furcraea</i>
<b>Tribu Poliantheae</b> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravoia</i>	<b>Tribu Poliantheae</b> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i> <i>Pseudobravoia</i>		<b>Subfam. Poliantheae</b> <i>Polianthes</i> <i>Prochnyanthes</i>
		<b>Fam. Doryanthaceae</b> <i>Doryanthes</i>	<b>Fam. Doryanthaceae</b> <i>Doryanthes</i>
<b>Tribu Phormieae</b> <i>Phormium</i>	<b>Tribu Phormieae</b> <i>Phormium</i>	<b>Fam. Phormiaceae</b> <b>Tribu Phormieae</b> <i>Phormium</i> <b>Tribu Dianeleae</b> <i>Daniella</i> <b>Tribu Blandfordieae</b> <i>Blandfordia</i>	<b>Subfam. Phormieae</b> <i>Phormium</i>
<b>Tribu Dracaeneae</b> <i>Cordyline</i> <i>Cohnia</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	<b>Tribu Dracaeneae</b> <i>Cordyline</i> <i>Cohnia</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>	<b>Subor. Asparagineae</b> <b>Fam. Dracaenaceae</b> <b>Subfam. Astelioideae</b> <i>Milligania</i> <i>Astelia</i> <b>Subfam. Dracaenoideae</b> <i>Cordyline</i> <i>Dracaena</i> <i>Cohnia</i> <b>Subfam. Sansevieriae</b> <i>Sansevieria</i>	<b>Subfam. Dracaenoideae</b> <i>Cordyline</i> <i>Dracaena</i> <i>Sansevieria</i>
<b>Tribu Nolineae</b> <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>	<b>Tribu Nolineae</b> <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i> <i>Beaucarnea</i>	<b>Subfam. Nolineae</b> <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>	<b>Subfam. Nolineae</b> <i>Nolina</i> <i>Dasyllirion</i> <i>Calibanus</i>



### 5.1.2. Género *Agave*

Taxonómicamente, el género *Agave* (del griego “admirable”), se ubica en la familia Agavaceae (Hutchinson, 1934; Cronquist, 1981; Gentry, 1982; Álvarez de Zayas, 1986, 1988; Jones, 1988; Granados, 1993; Hernández, 1994, 1995; Eguiarte, 1995; García, 1998; Eguiarte *et al.*, 2000; Galván, 2001).

Fue descrito inicialmente por Linneo en 1753, quien identificó cuatro especies, una de las cuales fue removida a *Furcraea* por Ventenat en 1793 y otra a *Manfreda* por Salisbury en 1866, designando a *Agave americana* como la especie tipo (Granados, 1993).

Durante el siglo XIX, fue particularmente numerosa la exportación de Agaves a Europa ya que se consideraban como novedades ornamentales, por lo cual muchos de los nombres fueron publicados en listas breves o descripciones de plantas de jardín como la lista de Otto en 1842 (Gentry, 1982).

Salm Dyck (1834), describió 34 especies que crecían en su jardín de Dusseldorf. En 1859, realizó una revisión genérica en la que se incluyen 14 nuevas especies para describir un total de 45, además dividió el género en cinco secciones: *Macranthae*, *Heteracanthae*, *Micranthae*, *Inermis* y *Herbaceae* (citado por Gentry, 1982; Granados, 1993).

En base a descripciones de plantas vivas observadas en varios jardines europeos, muchas de las cuales se encontraban en estado inmaduro, Jacobi, describió 78 especies de agaves y muchas variedades en el lapso de 1864 a 1867. Tanto Salm-Dick como Jacobi, no utilizaron los caracteres de la inflorescencia en la diagnosis de sus especies, no proporcionaron ilustraciones de

las mismas y citaron especímenes no preservados y sus tipos son desconocidos hasta la fecha.

Otro autor que escasamente utilizó los caracteres de la inflorescencia para la realización de sus diagnósicos es Baker (1888), quien describió 138 especies, incluyendo a *Manfreda*, su clasificación reconoce tres subgéneros: *Euagave*, *Littaea* y *Manfreda*, así como cuatro series con sus secciones de acuerdo a la forma, tamaño y textura de las hojas: Series I. Coriáceo-carnosae, Series II. Carnoso-coriáceae, Series III. Flexiles y Serie IV. Herbaceae. (Mulford 1896, Ojeda *et al.*, 1984).

Trellease (1907) establece que una ilustración de Hooker de *Agave besseriana* en 1871, parece ser el primer registro florístico de cualquiera de los grupos de agaves. Sin embargo, de acuerdo con Gentry (1982), las flores fueron descritas por primera vez por Zuccarini en 1833.

Berger en 1915, organizó la botánica europea sobre *Agave* en una monografía; reconoció tres subgéneros: *Manfreda*, *Littaea* y *Euagave* y describió 274 especies. Basándose en las características de la inflorescencia, para *Littaea* creó siete secciones y para *Euagave* dieciocho series. Algunas fueron subdivididas en subsecciones o se designaron en otras subdivisiones. Trabajó poco a nivel de especie, pues las variaciones vegetativas, más que la morfología floral, guiaron su concepto de especie; no obstante su clasificación fue diferente a la de Trellease de 1920.

Gentry (1982) realiza un detallado estudio de los agaves de Norteamérica, coloca 136 especies en 20 grupos o secciones. Menciona que siguió a Trellease y Berger en los agrupamientos de los más extensos pero marcó y redefinió nuevos

grupos en base a la nueva evidencia (especímenes), recomendando algunos cambios. Estos grupos son tratados como secciones en la taxonomía formal. Divide al género en dos subgéneros: *Littaea* y *Agave*.

La sección *Salmianae* está incluida en el subgénero *Agave*. Este grupo muestra un alto grado de especialización y filogenéticamente puede ser considerado entre los agaves más modernos. Esta gran variabilidad obviamente ha sido inducida por el hombre, el cual también es, en parte, causal de sus modificaciones.

Este grupo, como fue definido y reestructurado por Gentry (1982), tiene su historia taxonómica: Berger reconoció su “Reiche Salmianae” en 1915, incluyendo 19 especies. Su grupo incluía una parte de “Semi-marginatae” de Jacobi (1867) y de “Submarginatae” de Baker (1888). El rango de especímenes ahora disponibles y sus muchos años de estudio de las poblaciones, condujeron a Gentry a excluir a la mayoría de las plantas incluidas por los primeros autores y a reducir el número de especies. Muchos nombres fueron dados por conveniencia hortícola, no por necesidad sistemática y le fue imposible encontrar especímenes vivos o de herbario, que respaldaran los nombres. Es posible que las cuatro especies, una subespecie y cuatro variedades que él concibió como componentes de esta sección sean inadecuadas. La complejidad de *A. salmiana* ha sido intensificada por el hombre durante muchos cientos o tal vez miles de años. El número de variedades o formas quedan fuera del perímetro del trabajo de Gentry, quien sugiere que se realice un estudio taxonómico detallado para que se extienda el conocimiento de este grupo.

El grupo *Salmianae* es nativo de las zonas montañosas del centro de México y hay numerosas formas silvestres y cultivadas. Algunas de las cuales tienen tolerancias ambientales bastante estrechas. Generalmente ocupan elevaciones entre 1,230 a 2,460 m. Los rangos de lluvia de 360 a 1,000 mm de promedio anual y ligeras escarchas son comunes a través del invierno en los meses secos. El 78% de la lluvia cae durante Mayo hasta Octubre. Un centro de cultivo de *Agave* en Apam, Hidalgo, tiene una lluvia anual de invierno de casi 750 mm. Dentro de la Sección *Salmianae* las especies *salmiana* y *mapisaga* son dos de los principales productores de pulque de la República Mexicana.

Algunos agaves silvestres en el estado de Nuevo León, fueron estudiados por Synnott (1989), quien incluye comentarios sobre su distribución, usos y características. De las especies de la sección *Salmianae* solamente reporta a *Agave macroculmis* en el Cerro Potosí a una altitud de 1,920 metros.

*Agave macroculmis* Tódaro, fue designado como sinónimo de una nueva especie para la ciencia denominada *Agave gentryi* por Ullrich en 1990.

*Agave montana* fue descrita como una especie nueva de la región de la Sierra Madre Oriental, en la cima de la Sierra de la Marta en los límites de los estados de Coahuila y Nuevo León, por Villarreal en 1996.

## **5.2. PALINOLOGÍA**

La Palinología como parte integral de la botánica es la ciencia que estudia los granos de polen considerando características morfológicas tales como la forma, tamaño, patrones de ornamentación, además de considerar aspectos

fisiológicos de viabilidad, fertilidad, etc. (Greulach y Adams, 1978 citados por Rocha *et al.*, 2004).

Los estudios palinológicos, permiten reconocer la evolución, adaptación, migración y extinción de las especies vegetales, así como su biodiversidad actual y pasada, eventos estrechamente relacionados con los cambios climáticos (Van del Hammen, 1995, citado por Ludlow *et al.*, 2003).

Las características generales de los granos de polen y esporas de plantas terrestres fueron descritas por Kapp en 1969, quien proporciona las claves para la identificación de las mismas. Menciona que la forma elipsoidal es la más frecuente en los granos de polen de las angiospermas y en las monocotiledóneas, la exina puede ser de tres tipos: inapertulada, monocolpada y monoporada. Al género *Agave* lo considera en la familia Amaryllidaceae e incluye a *Agave parryi* con exina per-reticulada (perforada-tectada), retículo grueso, forma subesférica y un tamaño mayor de 75 micras, en un acercamiento para observar una porción de la superficie hace notar que el muro liso está sostenido por una firme columnela. Además, proporciona la microfotografía de *Agave americana* destacando la superficie reticulada y la presencia de un surco a lo largo del grano de polen.

Ludlow y Ojeda (1983) describen los granos de polen de *Agave angustifolia*, Haw., *A. fourcroydes* Lem., *A. sisalana* Perrine y *Manfreda maculata* (Regel) Rose, presentes en la Península de Yucatán, con especial énfasis en *Agave angustifolia*. Mencionan que la palinología de la familia Agavaceae ha sido escasamente estudiada ya que solamente habían sido descritos aisladamente algunos géneros como *Cordyline* y *Agave*. Indican que de acuerdo a los antecedentes conocidos del género *Agave*, se observa que mientras que la ornamentación es uniforme

(variando sólo el tamaño de los lúmenes y muros); la abertura parece muy variable ya que el polen ha sido descrito desde monosulcado hasta disulcado. Las muestras fueron observadas bajo el microscopio electrónico de barrido (MEB) y el microscopio óptico de luz (ML). Observan que la posición de los ejes es diferente a la localización que presentan para dicotiledóneas superiores. Encuentran una gran variación de la abertura, que puede ser: anasulcada, tricotomosulcada, anaulcerada, tipo herradura y disuelta. Concluyen que no solo se observan variaciones en cuanto al tipo de abertura, algunas veces la membrana de la nexina que cubre la abertura es muy ancha y otras veces es muy escasa. Consideran que el tipo básico de abertura es el monosulcado y todas las formas observadas son derivaciones de ésta. Por último, indican que la identificación de especies a nivel específico es difícil, sin embargo, *Agave sisalana* se distingue de las otras especies por presentar lúmenes de gran tamaño. Por otra parte *Manfreda maculata* es la única que no presenta variación en la abertura, sin embargo, el tipo de polen que presenta es el mismo que el observado para el género *Agave*, lo que permite suponer que ambos géneros son muy cercanos entre sí.

Presentan las características básicas para el género *Agave*: Eumónadas, heteropolar, bilateral, abertura variable, monosulcado de sulco recto o arqueado, anaulcerado, algunas veces puede presentar uno o dos radios, tricotomosulcado de tamaño variable los radios del sulco, disulcado. Algunas veces las aberturas están cubiertas por porciones de la exina (operculoide) ya sean las aberturas sulcadas o ulceradas; otras veces sólo membranas nexinosas de ancho variable. Exina semitectada, per-reticulada, muros duplibaculados, a cada lumen

corresponde una línea de báculas. En las márgenes de la abertura los lúmenes reducen su tamaño.

Posteriormente, Ojeda *et al.*, (1984), realizan un estudio detallado del polen de diez especies de seis géneros de Agavaceae, encontraron que en función del polen resulta difícil mantener a la familia tal y como la propuso Hutchinson en 1934, aproximándose mejor a la propuesta de Takhtajan (1980).

Por su parte, Álvarez de Zayas y Köhler (1987) examinan el polen de 16 géneros presentes en América, además de *Hosta*, de los cuales cinco se encuentran actualmente en sinonimia. Estos autores, basados en la asociación, número y tipo de abertura, caracteres del margen y exina, reconocen ocho tipos de polen, de los cuales mencionan los siguientes:

tipo *Yucca*;

tipo *Agave*: (subtipo *Agave-Manfreda*; subtipo *Bravoa-Prochnyanthes*;  
subtipo *Beschorneria-Furcraea*; subtipo *Hesperaloë*);

tipo *Hosta*;

tipo *Hosta-plantaginea*;

tipo *Hesperocallis*;

tipo *Leucocrinum* y

tipo *Manfreda singuliflora*

En un estudio palinológico de Agavaceae realizado por Ojeda y Ludlow (1995), como una contribución biosistemática, se analizaron 15 géneros y 36 especies de la familia según la clasificación de Hutchinson. Las muestras fueron observadas al Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) y al Microscopio de Luz (ML). Se revisaron diferentes clasificaciones taxonómicas considerando la morfología del polen, distribución geográfica, cariotipo y posición del ovario. Desde

el punto de vista palinológico, las Agavaceae presentan dos niveles de comportamiento morfológico. A nivel interespecífico la variación encontrada es mínima o está ausente, lo cual da uniformidad a las especies que constituyen cada género. A nivel intergenérico, tomando en cuenta las aberturas y la ornamentación, se presentan diversos patrones morfológicos:

- a) Semitectado y principalmente monosulcado: *Agave*, *Beschorneria*, *Dasyllirion*, *Furcraea*, *Hesperaloë*, *Manfreda*. En el caso de *Polianthes* a veces disulcado. (Agavaceae, Agavoideae).
- b) Tectado-perforado y monosulcado: *Yucca* (Agavaceae, Yuccoideae) y *Dracaena americana* (Dracaenaceae).
- c) Tectado-perforado a microrreticulado y monosulcado a disulcado: *Beaucarnea*, *Calibanus* y *Nolina* (Nolinaceae).
- d) Intectado verrugado y monosulcado: *Hosta* (Funkiaceae).
- e) Semitectado a tectado perforado y tricomosulcado: *Phormium* (Phormiaceae).
- f) Fosulado y monosulcado: *Cordyline* (Asteliaceae) y *Dracaena fragrans* (Dracaenaceae).
- g) Psilado y ulcerado: *Sanseveria* (Dracaenaceae).

En el patrón morfológico: Semitectado y principalmente monosulcado se incluyen los géneros: *Agave*, *Beschorneria*, *Dasyllirion*, *Furcraea*, *Hesperaloë*, *Manfreda* y *Polianthes*; éste último género a veces se presenta disulcado. Al analizar detalladamente la situación de este grupo, se observa que los géneros ubicados en él presentan una distribución netamente americana. Los géneros *Agave*, *Beschorneria*, *Furcraea*, *Manfreda* y *Polianthes* comparten además la posición ínfera del ovario y poseen cariotipo similar ( $n=30$ ), por lo que constituyen un grupo bien definido. El género *Hesperaloë* difiere de este grupo únicamente en la posición súpera del ovario, aunque su exina es más cercana a *Agave*, sin embargo, Dahlgren *et al.*, (1985) lo consideran dentro de la tribu Yuccoideae,



propuesta que coincide con la posición súpera del ovario, como lo presenta *Yucca*. Proponen que *Hesperaloë* tuvo un origen común con *Yucca* y *Agave*, ya que presenta características comunes con ambos géneros. *Dasyllirion*, por su parte, posee un cariotipo muy diferente y la posición del ovario es súpera.

### 5.3. FITOGEOGRAFÍA

México fue propuesto como centro de origen del género *Agave* por Berger en 1915. La distribución del género se localiza principalmente en las zonas áridas y semiáridas de México y Norteamérica; por el noroeste hasta el estado de Utah y al noreste el de Maryland (subgénero *Manfreda*); al sur el límite conocido es Colombia. García (1995) opina que la distribución del subgénero *Euagavea* se extiende hasta zonas con climas cálido y seco como el correspondiente a la cadena isleña del Caribe y norte de Sudamérica.

En 1920 Trelease describe la distribución del género en México y en países cercanos. Según este autor las especies del género se encuentran en el continente americano e islas que le rodean, abarcando una zona que va desde los 34° latitud norte hasta los 60° latitud sur. Propone a la Altiplanicie Mexicana, como centro de diversidad del género, basándose principalmente en el hecho de que una gran riqueza de especies se encuentra en las llanuras centrales y la subregión caliente del sur de la Meseta Central, incrementándose notablemente en el norte de México y disminuyendo hacia el sur del Istmo de Tehuantepec.

El género fue dividido por Ramírez (1936 a) en tres subgéneros: *Manfreda* que se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico a través de Chihuahua hasta Utah; *Littaea* que se localiza en la región del Golfo de México a través de Nuevo

León hasta Nuevo México y el *Euagavea* que presenta una distribución más amplia: desde las llanuras centrales de México y la costa del Golfo de México hasta Honduras y Guatemala.

Una lista de las especies de acuerdo a las regiones geográficas en las cuales están presentes, fue proporcionada por Gentry (1982) en su estudio de los Agaves de Norteamérica, menciona la región de Arizona con 12 especies, la región Central de México con 31 especies, la región del Desierto de Chihuahua con 24, el Altiplano Jalisciense con 22 y Texas con 9 especies. Incluye tanto a las especies nativas como a las cultivadas con propósitos económicos, no considera a las colecciones hortícolas en jardines.

Un estudio citogenético y fitogeográfico de *Agave* aff. *tequilana* y *A. karwinskii* de los Valles de Tehuacán, Puebla y Centrales de Oaxaca fue realizado por Rivera (1983) quien concluye que se puede ubicar a Tehuacán, Puebla como el centro de origen del género, basándose en el amplio número de especies endémicas de la zona y en que *A. karwinskii* presenta el número cromosómico básico del género *Agave* correspondiente a  $n = 15$ .

Granados (1993) realiza un estudio fitogeográfico, citogenético y etnobotánico para algunas especies del género en México. Refiere que en el Continente Americano se reportan aproximadamente 310 especies de agaves, de las cuales en México existen 272, considerando por ello a este país como centro de origen del género.

En un análisis areográfico realizado por García (1995), se concluye que existen 198 especies de Agavaceae mexicanas, incluidas en un total de ocho géneros, encontró que México es el centro de mayor riqueza y diversidad de

especies, ya que en el país se localiza el 75% del total de especies, de las cuales un 55% son endémicas.

#### **5.4. FENÉTICA**

A mediados del siglo XX, con la aparición de los ordenadores o computadoras, algunos investigadores (como C. D. Michener, R. R. Sokal, P. H. A. Sneath, A. J. Cain o G. A. Harrison, citados por Méndez y Villaseñor, 1997) empezaron a proponer métodos computarizados para cuantificar las similitudes y agupar a los taxa con el uso de métodos cuantitativos. Una de sus premisas sostiene que es posible desarrollar una metodología que, en términos cuantitativos, permita tanto a un experto como a una persona sin experiencia llegar básicamente a la misma clasificación (Jones, 1988; Méndez y Villaseñor, 1997).

La taxonomía numérica ha sido descrita como “un arreglo basado en la similitud total, usando todos los caracteres disponibles sin otorgarles un peso”. También ha sido definida como “el agrupamiento por medio de métodos numéricos de unidades taxonómicas con la base en el conjunto de sus caracteres” (Sneath y Sokal, 1973; Kohlmann, 1994).

La taxonomía numérica trata de descubrir estructuras y patrones dentro de un conjunto de datos. A diferencia de los métodos estadísticos, las técnicas utilizadas están diseñadas para generar hipótesis más que para probarlas; son un mecanismo de exploración y no tanto de confirmación (Belbin, 1985). Los métodos se pueden aplicar prácticamente a cualquier disciplina conocida. En suma, la Taxonomía Numérica trata de realizar arreglos fenéticos de objetos o unidades

taxonómicas operativas (OTU, del inglés *Operational Taxonomic Unit*, Sneath y Sokal, 1973), usando procedimientos numéricos aplicados a los estados de los caracteres (características) de los objetos (organismos) clasificados o matrices de distancias entre ellos, obtenidos por varios procedimientos. Requiere de algoritmos y considerables recursos de computación (Kohlmann, 1994).

El Feneticismo sostiene los siguientes principios:

- a) Las clasificaciones deben efectuarse con un gran número de caracteres, que deben ser tomados de todas las partes del cuerpo de los organismos y de todo su ciclo vital.
- b) Todos los caracteres utilizados tienen la misma significación e importancia en la formación de los grupos.
- c) La similitud total (o global) entre dos entidades es la suma de la similitud en cada uno de los caracteres utilizados en la clasificación.
- d) Los grupos de taxones a formar se reconocen por una correlación de caracteres diferentes.
- e) La clasificación es una ciencia empírica, en la cual la experiencia sensible desempeña el papel preponderante y, por lo tanto está libre de inferencias genealógicas.
- f) Las clasificaciones deben basarse exclusivamente en la similitud fenética. Se entiende por “fenético” cualquier tipo de carácter utilizable en la clasificación, incluyendo los morfológicos, fisiológicos, ecológicos, etológicos, moleculares, anatómicos, citológicos y otros.
- g) El número de taxones establecido en cualquier rango es arbitrario, aunque siempre debe ser coherente con los resultados obtenidos.

Una vez establecido debe continuarse aplicando el mismo criterio de delimitación en todo el grupo estudiado.

Para el feneticismo es imposible llevar a cabo clasificaciones que expresen la filogenia o sean consecuentes con ella, por el desconocimiento de detalles

suficientes acerca de la historia evolutiva de la mayoría de los organismos. En muchos grupos de organismos, debido a la falta de fósiles o de otro tipo de información no se conoce la genealogía respectiva o ésta es en alto grado especulativa (Crisci y López, 1983).

## **5.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA**

En Mesoamérica, el hombre ha considerado importante al género *Agave* desde hace por lo menos 9 000 años. A la llegada de los españoles denominaron al maguey “árbol de las maravillas” debido a que quedaron impresionados ante el papel cultural y de sobrevivencia que desempeñaba entre las etnias mesoamericanas (Goncalves, 1956; Gentry, 1976; Granados, 1993).

En el contexto actual de creciente degradación de los recursos suelo y agua, y la falta de especies vegetales que puedan representar beneficios económicos y de desarrollo rural, las diferentes especies de agaves pueden ser una buena opción productiva. En el mediano y largo plazo, el maguey como líder o planta pionera de ecosistemas, puede contribuir a disminuir los procesos de desertificación que afectan al país. (Nobel, 1994; Parra, 2003). La utilización del maguey es una muestra de la capacidad del hombre para sobrevivir en un medio ambiente hostil y poco fértil, aprovechando al máximo sus recursos (Rzedowski, 1964; Medina y Quezada, 1975; Gentry, 1982; Granados, 1993).

Considerando sus usos más importantes, los magueyes se dividen en tres grupos: los textileros, los pulqueros y los mezcaleros. Su savia se emplea fundamentalmente para la elaboración de bebidas, las cuales pueden ser de dos tipos: el primero se consume fresco como Aguamiel o fermentado como Pulque, el

segundo destilado como Mezcal o Tequila (Roca y Llamas, 1901; Medina y Orozco, 1901; Walton, 1977; Granados, 1993; José, 1993; García, 1998; Magallán, 1998; Ayala y Ruiz, 1999; Magallán y Hernández, 2000; Palma, 2000; Parsons y Darling, 2000). Aunque el origen histórico del pulque es incierto, es una bebida que está plasmada en la mayoría de los códigos mexicanos (Ramírez, 1936; 1936a; Goncalves, 1956; Crosswhite, 1985; Nobel, 1988).

Actualmente, la industria mezcalera y pulquera siguen aportando grandes beneficios económicos para las comunidades rurales del país, sin embargo, es importante resaltar que la materia prima ha disminuído debido a la sobreexplotación y que los métodos de procesamiento se realizan con maquinaria y procedimientos anticuados. Los productos obtenidos son utilizados en forma directa, transformados mediante tecnología casera tradicional o transferidos a pequeñas agroindustrias regionales (Tello, 1983; Martínez y Meyer, 1985; Tello y García, 1985; Burgess, 1985; Rangel, 1987; Tello, 1988; Bye, 1994).

Se han obtenido de diversas especies de maguey, sustancias de enorme interés para la industria, mismas que se dividen en tres tipos: a) por fermentación alcohólica del aguamiel, b) obtención de proteína y c) investigaciones sobre: vitaminas, giberelinas, dextranas, aminoácidos, ensilaje del *Agave*, mieles, jarabes de fructosa y ácidos orgánicos. Al igual que productos tales como: gomas, bases para pinturas y barnices, celulosa, pulque enlatado con sabores de frutas, refrescos sin alcohol obtenidos del pulque, licor bajo en gradación alcohólica y vino de excelente calidad (Guerrero, 1980). Como material secundario en las industrias del tequila, mezcal y fructosa, resultan los bagazos de maguey, los

cuales tienen un uso potencial en la fabricación de tableros de aglomerado de calidad y con altas posibilidades de industrialización (Montes y Palacios, 1982).

Las hojas de *Agave salmiana* pueden utilizarse como alimento para el ganado, constituyendo un excelente forraje ya que en promedio alcanza un 62% de digestibilidad. Además de que en el proceso no hay pérdidas de materia orgánica ni se usan reactivos contaminantes (Gentry, 1982; Zúñiga y Grellmann, 1982; Tello 1983; Tello, 1988; Aguirre *et al.*, 2001). La cutícula se utiliza para envolver diversos guisos (García, 1998; José y García, 2000).

En Coahuila e Hidalgo, el pulque se utiliza como levadura para la elaboración de pan y para la preparación de diversos alimentos. Las flores también se comen de diversas maneras: los botones se cortan, se pican finamente y se hierven y fríen con cebolla, chile y sal; también se cuecen al vapor con condimentos en una cacerola tapada; se guisan con huevo y/o con quelites. El escapo floral (quiote) cocido, se puede masticar como dulce. De las brácteas, se obtiene una fibra suave llamada ixtle, que se utiliza para la elaboración de diversas prendas (Medina y Quezada, 1975; Gentry 1976; García, 1998; Magallán 1998; Salinas, 2000).

## **6. METODOLOGÍA**

La realización de esta investigación comprende trabajo de campo, trabajo de laboratorio y análisis de datos.

### **6.1. El trabajo de campo consistió en:**

**6.1.1. Determinación de las localidades de colecta.** La selección de las localidades de colecta se realizó en base a los antecedentes sobre la distribución geográfica de las especies y de acuerdo a las vías de acceso a las localidades con posibilidades de realizar las colectas respectivas. Se hicieron recorridos en los estados de: Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Oaxaca, visitándose también los principales Jardines Botánicos del país.

**6.1.2. Colectas selectivas de ejemplares botánicos.** Se visitó el mayor número posible de poblaciones reportadas, en las cuales se realizaron colectas de ejemplares haciendo énfasis en la obtención de hojas, flores (tanto en estado maduro como inmaduro) y frutos. Algunas especies no fue posible encontrarlas, debido posiblemente a que estén ya extintas en esas localidades.

**6.1.3. Obtención de datos ecológicos y de distribución de las especies.** De las poblaciones localizadas se tomaron datos para conocer el hábitat, variación o constancia en la forma de crecimiento, forma de vida, posición de las flores y otras características en el desarrollo de las plantas. Se colectaron ejemplares para herbario, de los cuales los primeros juegos se depositaron en UNL (Universidad Autónoma de Nuevo León), ANSM (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro)



y MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México) y duplicados para distribución a otros herbarios nacionales y del extranjero. Se tomaron muestras de hojas, brácteas, botones y flores que se fijaron para su estudio anatómico; además se colectaron frutos y semillas. Las muestras herborizadas se citan en el tratamiento taxonómico.

**6.1.4. Obtención de fotografías de las especies en su hábitat.** Se registraron fotográficamente las especies de la sección en su hábitat, ya sea en estado silvestre o cultivado en campo y en los diversos jardines botánicos visitados, destacando algunas características morfológicas y fenológicas de las especies de interés así como de la vegetación circundante.

## **6.2. El trabajo de laboratorio incluye:**

**6.2.1. Herborización, fumigación e inclusión de ejemplares.** Los ejemplares colectados fueron sometidos a las técnicas de herborización, montaje y fumigación para su inclusión en el herbario (UNL) de la Facultad de Ciencias Biológicas de la U.A.N.L. Los duplicados se enviaron como intercambio a otros herbarios del país.

**6.2.2. Revisión de ejemplares depositados en los herbarios.** Para la revisión morfológica y anatómica, se analizaron las especies de la sección propuesta por Gentry (1982). El material necesario para trabajar, requirió la visita y en algunos casos la solicitud en préstamo de los ejemplares disponibles de los herbarios que se enlistan a continuación. Los acrónimos de los herbarios están de acuerdo con Holmgren *et al.*, (1990) y son los siguientes:

<b>ANSM</b>	Herbario. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
<b>ASU</b>	Herbarium. Botany Department. Arizona State University. Tempe, Arizona, E.U.A.
<b>CHAPA</b>	Herbario-Hortorio. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
<b>CIIDIR</b>	Herbario. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional, Instituto Politécnico Nacional. Durango, México.
<b>ENCB</b>	Herbario. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Distrito Federal, México.
<b>IEB</b>	Herbario del Instituto de Ecología del Bajío. Pátzcuaro, Michoacán, México.
<b>MEXU</b>	Herbario Nacional de México. Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
<b>QMEX</b>	Herbario. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
<b>TEX</b>	Herbarium. Plant Resources Center, University of Texas. Austin, Texas, E.U.A.
<b>UAT</b>	Herbario de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
<b>UNL</b>	Herbario. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.
<b>USCLA</b>	Herbarium. University State of California. Los Angeles, California, E.U.A.

### **6.2.3. Análisis de la morfología, anatomía y citología de las especies:**

**a). Morfología:** Para los estudios morfológicos se contó con más de 200 ejemplares, de los cuales fueron medidos y analizados los caracteres que se reportan en los resultados y en el tratamiento taxonómico; destacando la forma de la planta, raíces, tallos, hojas, inflorescencias, flores y frutos.

**b). Anatomía de la Flor:** En el estudio anatómico se utilizaron muestras frescas, colectadas en campo así como muestras obtenidas de ejemplares de herbario. Estas últimas se rehidrataron previamente y con las muestras frescas se fijaron en FAA; después, se deshidrataron en forma gradual con etanol al 30%, 50%, 70%, 96% y absoluto, se aclararon en una mezcla de absoluto y xilol (1:1) y xilol; se pasaron a una mezcla de xilol y parafina (1:1) y a parafina pura a 60°C por 24 horas; se incluyeron en parafina en bloques de tamaño apropiado para cortar en microtomo. Los cortes se adhirieron al portaobjetos con una capa de grenetina disuelta, se hicieron pruebas de tinción con la técnica de safranina-verde rápido y se montaron con bálsamo de Canadá. El material utilizado que sirve de referencia para el trabajo anatómico se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Agaves utilizados para el análisis anatómico**

<i>Agave gentryi</i>	M. González 1208	Coahuila
<i>Agave mapisaga</i>	M. González 1305	San Luis Potosí
<i>Agave montana</i>	M. González 1235	Nuevo León
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>	R. Galván 1170	Zacatecas
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>	J. Tello 47	Zacatecas
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	M. González 1213	Coahuila
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	A. García 5791	Distrito Federal

**c). Palinología:** Las muestras para el estudio de los granos de polen se obtuvieron de material reproductivo colectado en campo, fijado en la solución Farmer, y de ejemplares de herbario. La técnica empleada en la preparación de las muestras por acetólisis, requirió de remover las anteras y algunas partes del perianto para ser maceradas. Se deshidrató en ácido acético glacial, se le agregó

una mezcla de anhídrido acético y ácido sulfúrico en partes de 9:1 y se colocó en baño maría por diez minutos, mezclando constantemente. Se centrifugó y filtró para separar los restos del perianto y anteras de los granos de polen. Se agregó ácido acético glacial, se centrifugó y decantó, se repitió el proceso anterior con agua destilada. La remoción de residuos de material extraño al polen se hizo agregando solución KOH al 5% por 10 minutos en baño maría. Para aclarar se agregó una solución de ácido clorhídrico diluido, se lavó y añadió glicerina y agua destilada en proporción 1:1. Las muestras se montaron en gelatina glicerinada. El material biológico obtenido durante las colectas y el herborizado, fue sometido a las siguientes técnicas para la elaboración de laminillas permanentes de referencia y su posterior observación:

La preparación de las laminillas para su observación bajo el microscopio óptico de luz (ML) requiere del siguiente procedimiento: se separan las anteras y se colocan sobre un portaobjetos limpio, se agrega una o varias gotitas de alcohol 95%, se deja evaporar, antes de que la evaporación termine, se añaden unas gotas de agua destilada y se deshacen las anteras con una aguja de disección, se agrega una mezcla anteriormente realizada que consiste en: gelatina, glicerina caliente y colorante (fucsina básica). Una vez agregada la mezcla, se coloca el cubreobjetos tratando de evitar la formación de burbujas. Se dejan enfriar para su posterior observación. (Kapp, 1969; Faegri e Iversen, 1975).

Las laminillas se observaron al microscopio óptico, donde se hicieron mediciones para apreciar la variación y elaborar descripciones del polen. Se elaboraron dos laminillas de polen de varias flores por planta en la mayoría de las especies. En cada laminilla se midieron de 40 a 50 granos de polen. Los datos

evaluados son: vista polar (eje polar mayor) y vista ecuatorial (eje polar menor), grosor de la exina, tamaño del sulco y tamaño del lumen.

Para la observación más detallada de la cubierta de los granos de polen se usó el microscopio electrónico de barrido (MEB). Las primeras muestras de polen fueron previamente acetolizadas para limpiar la cubierta; posteriormente se siguió lo propuesto por Donoghue (1985) procesando el material sin acetolizar, el cual difirió muy poco del acetolizado. Se desecan al aire las muestras de polen, lo cual produce colapsamiento de algunos granos, quedando la mayoría intactos y bien preservados. Los granos de polen desecados, se montan en bases de aluminio con cinta adhesiva de carbón. Se recubren con una fina capa de oro en un recubridor iónico Balzers SCD 040 donde reciben un baño de oro u oro-paladio durante 40 segundos a baja presión. Las muestras de *A. gentryi*, *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. salmiana* ssp. *crassispina* se introdujeron en un MEB marca LEO, modelo S440, al alto vacío para su observación y las demás especies en un MEB marca JEOL modelo JSM-T300. Los ejemplares de donde se tomaron las muestras para la observación de los granos de polen se anotan en la tabla 3.

**Tabla 3. Ejemplares utilizados para el análisis palinológico.**

<i>Agave gentryi</i>	M. González 1208	Coahuila
<i>Agave mapisaga</i>	M. González 1305	San Luis Potosí
<i>Agave montana</i>	M. González 1235	Nuevo León
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>	R. Galván 1170	Zacatecas
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i>	J. Tello 47	Zacatecas
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	M. González 1213	Coahuila
<i>Agave parrasana</i>	A. García 4710	Coahuila

### **6.3. El Análisis de Datos se basó en:**

**6.3.1. Análisis Fenético.** Se aplicaron las técnicas de la Taxonomía numérica o fenética siguiendo los pasos elementales comunes (Crisci y López, 1983):

- a) Elección de las unidades. Se eligen los organismos a estudiar y se definen las unidades a clasificar denominadas “Unidades Taxonómicas Operativas” (OTU por sus siglas en inglés).
- b) Elección de los caracteres. Se eligen los caracteres que describan a las OTU y se registra el estado de los caracteres presentes en ellas.
- c) Construcción de una matriz básica de datos. Con la información obtenida en los pasos anteriores se construye una Matriz Básica de Datos (MBD) de OTU por estados de los caracteres.
- d) Obtención de un coeficiente de similitud para cada par posible de OTU. A base de la MBD y utilizando un coeficiente adecuado a los datos que contiene, se calcula la similitud para cada par posible de las unidades taxonómicas.
- e) Construcción de una matriz de similitud. Con los valores de similitud calculados en el paso anterior se construye una matriz de similitud OTU por OTU.
- f) Conformación de grupos. A base de la matriz de similitud del paso anterior y mediante la aplicación de distintas técnicas (por ejemplo análisis de agrupamientos) se obtiene la estructura taxonómica del grupo en estudio.
- g) Generalizaciones y análisis. Se formulan las generalizaciones acerca de los taxones, tales como: elección de caracteres discriminatorios, relación entre los organismos, inferencia acerca de los taxones, etc.

El análisis fenético se realizó en dos fases: una primera para la delimitación de los taxones y una segunda para revisar la semejanza morfológica entre ellos. El primer análisis se realizó con base en 45 ejemplares de herbario. Cada uno de los ejemplares constituyó una unidad taxonómica operativa (OTU's en inglés). Los

caracteres analizados fueron 34 para cada OTU, que incluyen 7 de tipo cualitativo y 27 cuantitativos. Se obtuvo la media y desviación estándar para cada uno de los caracteres cuantitativos.

Los caracteres muestreados para cada OTU son los siguientes:

- (1) Número de hojas por planta
- (2) Ancho de la roseta (cm)
- (3) Alto de la roseta (cm)
- (4) Ancho de la bráctea (cm)
- (5) Largo de la bráctea (cm)
- (6) Largo espina de la bráctea (cm)
- (7) Longitud de escapo e inflorescencia (cm)
- (8) Forma de la inflorescencia: 0) triangular, 1) ovoide, 2) aovada
- (9) Largo de la hoja (cm)
- (10) Ancho de la hoja (cm)
- (11) Forma de la hoja ventralmente: 0) cóncava, 1) incurvada
- (12) Color de la hoja: 0) verde oscuro, 1) verde glauco, 2) verde amarillento
- (13) Longitud de la espina terminal (cm)
- (14) Ancho de la espina terminal (cm)
- (15) Forma de la espina terminal: 0) recta (subulada), 1) sigmoidal
- (16) Textura de la espina terminal: 0) lisa, 1) áspera, 2) áspera en la base, lisa en el ápice
- (17) Distancia entre la espina y el primer diente (cm)
- (18) Distancia entre los dientes (cm)
- (19) Ancho del diente (base) (cm)
- (20) Largo del diente (cm)
- (21) Color de los dientes: 0) café oscuro, 1) café rojizo, 2) café grisáceo
- (22) Color de las flores: a) amarillas, b) amarillo-verdosas, c) amarillo-rojizas
- (23) Largo de la flor (cm)
- (24) Ancho de la flor (cm)
- (25) Largo del tépalo (cm)
- (26) Longitud del ovario (cm)
- (27) Ancho del ovario (cm)
- (28) Largo del estilo (cm)
- (29) Ancho del estilo (cm)
- (30) Ancho del estigma (cm)
- (31) Largo del filamento (cm)
- (32) Ancho del filamento (cm)
- (33) long. de la antera (cm)
- (34) ancho de la antera (cm)

**6.3.2. Procesamiento de datos:** La matriz básica de datos (MBD) que se muestra en la Tabla 4, se preparó en Microsoft Excel y está formada por 45 OTU's representando a cada uno de los especímenes (hileras) y 34 caracteres (algunos con varios estados de carácter) (columnas) siendo analizada por el método de agrupamiento y técnicas de ordenación. El trabajo de computación se realizó usando el programa NTSYS-pc Versión 2.0, desarrollado por Rohlf (1998). La matriz se estandarizó por hileras para dar igual peso a todos ellos, usando el algoritmo STD proporcionado por el programa NTSYS. Para el análisis de agrupamiento se utilizó el coeficiente de similitud Distancia de Manhattan para calcular la distancia entre los OTU's y se produjo un fenograma por el método UPGMA (unweighted pair-group arithmetic averages method). Finalmente se realizó el ordenamiento de los OTU's en un espacio multidimensional de caracteres por el Análisis de Componentes Principales del mismo programa NTSYS-pc, determinando los valores y vectores eigen para lograr la proyección espacial de las unidades muestreadas.



**Tabla 4.** Matriz de datos (MD) para el análisis fenético de las especies, variedades y subespecie de la sección *Salmianae*

OTU'S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	55	170	120	10.5	19	1.2	500	0	65	22.1	0	0	5.85	1.3	0	0	10.6
2	42	145	80	11.8	18	1.1	400	2	58.8	16.2	0	0	4.83	0.75	0	0	8
3	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1
4	55	150	120	11.8	23.9	1.93	500	2	58.8	16.2	0	0	4.83	0.75	0	0	8
5	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1
6	55	155	122	12	22	1.3	500	2	60	20	0	0	4.9	0.8	0	0	10.1
7	50	150	125	13	25.5	0.8	450	0	78.5	24.8	0	0	4.25	0.8	0	0	11.8
8	30	40	40	6	11.5	1.5	400	2	21.5	11.2	0	1	2	0.25	0	0	2.7
9	30	40	40	4.2	10.5	1.5	400	2	22.5	11.5	0	1	1.1	0.5	0	0	1.1
10	30	40	40	6	11.5	1.5	350	2	14.5	10.3	0	1	1.7	0.7	0	0	1.1
11	30	40	40	5.3	11	1	400	2	17.5	10	0	1	4.5	0.35	0	0	2.3
12	70	120	120	11.5	21	1.5	400	1	46	17	0	2	4.7	0.9	0	1	8.5
13	60	120	120	12.5	24	2	400	1	45	16	0	2	4	0.8	0	1	9
14	70	130	130	13	26	2	530	1	48	18	0	2	3	0.9	0	1	8.5
15	60	430	240	5	40	0.5	730	1	240	22.8	1	1	3.26	0.73	0	2	10.8
16	50	450	200	10.5	30	0.9	800	1	200	22	1	1	6.5	0.8	1	0	13
17	30	500	230	5.2	26.5	0.8	800	1	230	19	1	1	4.9	0.5	0	2	23.5
18	30	520	300	8.5	32	0.5	1200	1	300	19	1	1	6	0.4	0	1	21.5
19	30	450	240	4.9	27	0.7	1000	1	240	19	1	1	5	0.5	0	2	22.5
20	35	460	230	5	26.5	0.8	780	1	237	19	1	1	4.9	0.5	0	2	23.5
21	40	480	240	10.5	35	0.9	800	1	240	17	1	1	4	0.7	0	1	21.7
22	45	300	200	25.5	20	1	900	999	160	40	0	0	7.5	0.7	0	1	10
23	45	300	200	25.5	22	1	900	999	160	40	0	0	7.5	0.7	0	1	10.5
24	50	350	230	11	32	1.5	900	0	215	25	1	0	3.5	0.8	1	0	15
25	55	315	230	12	28	1.4	930	0	213	25	1	0	4.6	0.7	1	0	15
26	55	315	230	11	32	1.5	930	0	213	25	1	0	3.5	0.7	1	0	13.5
27	50	250	150	9.5	30	1.5	700	0	150	23.5	1	1	7	1.2	0	0	25.5
28	30	450	220	11.7	53	1.1	1200	1	250	22.7	1	1	3	0.7	0	1	21
29	48	360	282	5.5	43	3.5	1057	0	205	25	1	1	5.1	0.5	1	2	14
30	55	310	180	5	30	1.3	1000	0	145	25.5	1	1	6.2	1	1	2	13.5
31	48	310	180	5	30	1.3	950	0	145	25.5	1	1	6.2	1	1	2	13.5
32	48	250	180	5	30	1.3	800	0	150	19	1	0	11	0.6	1	2	5
33	55	300	180	8	35	1.5	900	0	170	18	1	0	6	0.8	1	2	10.5
34	48	110	80	6	35	1.5	430	0	80	19.5	1	1	5	0.8	0	2	9.3
35	40	120	90	5	37	1.6	370	0	75	17	1	1	7	0.6	0	2	13
36	30	120	90	7	35	1.3	400	0	85	18.5	1	1	8	2	0	2	12.5
37	30	120	100	11	30	1.2	350	0	87	18	1	1	6.9	1	0	2	12.5
38	50	130	110	11.5	25	1.1	615	0	87.5	19	1	0	5.53	0.6	0	2	12.2
39	40	130	120	12.5	30	1	350	0	63	19	1	1	5.5	0.7	0	1	14
40	30	130	120	12.8	35	1	620	0	90	22	1	0	4.5	0.8	0	1	11
41	30	120	110	12.8	35	1.1	350	0	75	15	1	1	4.1	0.8	0	0	6
42	30	160	230	7.5	21	0.6	720	0	200	31.5	1	0	6.5	1.5	0	1	11
43	30	160	220	7.5	21	0.6	720	0	195	30	1	0	7	0.9	0	1	15.5

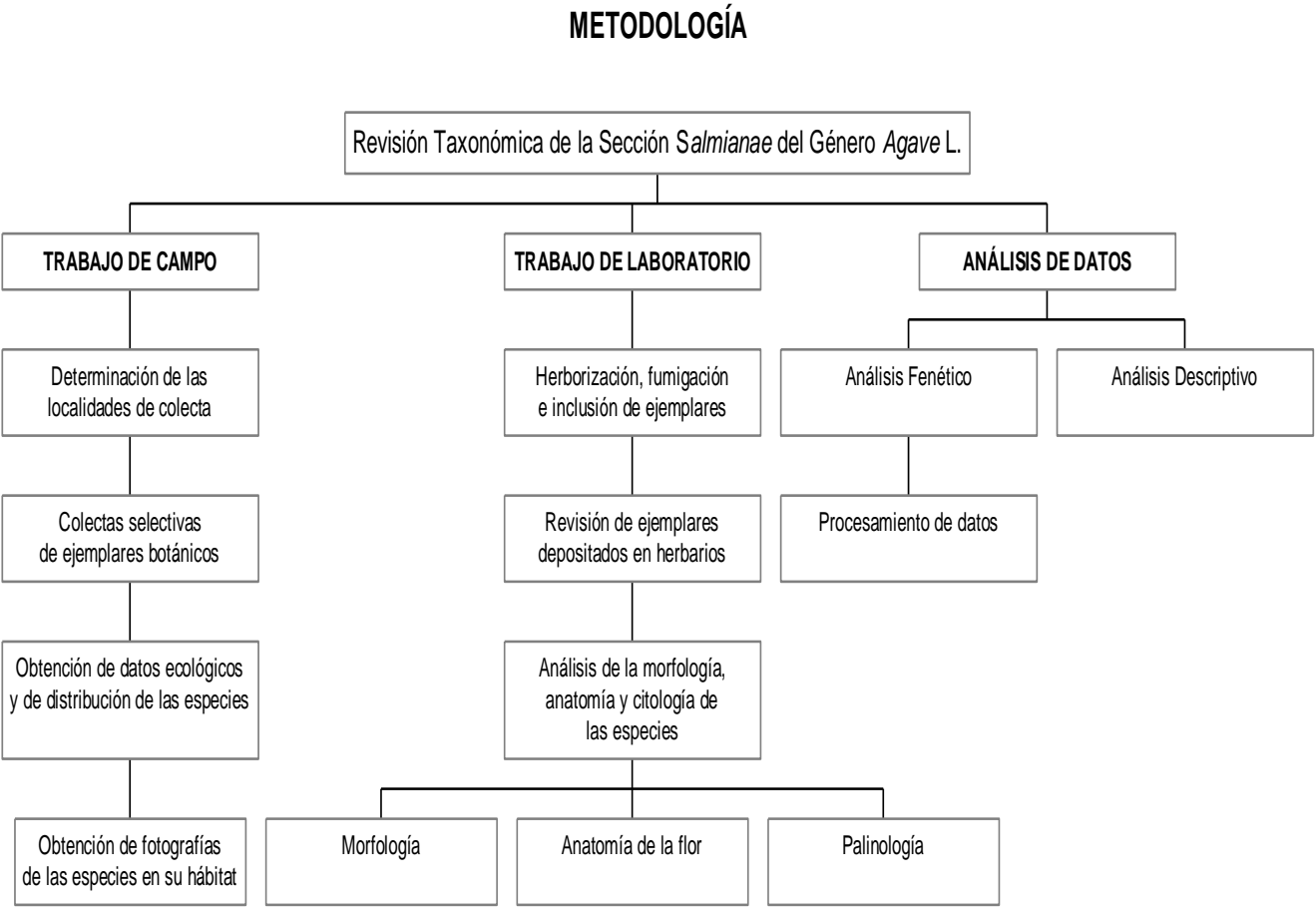
44	48	150	180	5	30	1.3	1000	0	150	26	1	0	6.2	1	1	2	11	5
45	50	150	180	7.5	35	1	800	0	145	25	1	1	8.5	0.7	0	0	10	5

#### LISTA DE UNIDADES MUESTREADAS (OTU's):

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 Gentry 20037, Barclay & Argüelles (Coah.) | 24 González 1240 (Coah.)         |
| 2 González 1208 y Villarreal (Coah.)        | 25 González 1241 (Coah.)         |
| 3 González 1209 y Villarreal (Coah.)        | 26 González 1213 (Coah.)         |
| 4 González 1210 y Villarreal (Coah.)        | 27 Gómez 970 (D. F.)             |
| 5 González 1211 y Villarreal (Coah.)        | 28 Pineda 729 (Edo. de México)   |
| 6 González 1212 y Villarreal (Coah.)        | 29 Rangel 22 (Hgo.)              |
| 7 Gentry 20082, Barclay & Argüelles (Hgo.)  | 30 Palma 31 (Oax.)               |
| 8 Gentry 23267 (Coah.)                      | 31 García 2519 (Oax.)            |
| 9 García 5960 (Coah.)                       | 32 Zizumbo 291 (Pue.)            |
| 10 García 5960a (Coah.)                     | 33 Zizumbo 279 (Ver.)            |
| 11 Rodríguez y Carranza 2376 (Coah.)        | 34 Galván 793 (Hgo.)             |
| 12 González 1235 y Villarreal (N. L.)       | 35 Galván 797 (Hgo.)             |
| 13 González 1269 (N. L.)                    | 36 Gentry 20204a (Pue.)          |
| 14 González 1270 (N. L.)                    | 37 Zizumbo 271 (Pue.)            |
| 15 Rangel 26 (Hgo.)                         | 38 Galván 1168 (S. L. P.)        |
| 16 Castañeda 78 (D. F.)                     | 39 Tello 47 (Zac.)               |
| 17 Magallán 16 (Qro.)                       | 40 Galván 1174 (Zac.)            |
| 18 Magallán 14 (Qro.)                       | 41 González 1302 y Torres (Zac.) |
| 19 Magallán 47 (Qro.)                       | 42 Palma 28 (Oax.)               |
| 20 González 1305 y Zapata (S. L. P.)        | 43 García 7530 (Oax.)            |
| 21 González 1285 (Zac.)                     | 44 Cedillo 781 (Oax.)            |
| 22 García 6285 (Guatemala)                  | 45 García 6176 (Pue.)            |
| 23 Véliz 12346 (Guatemala)                  |                                  |

**6.4. Análisis Descriptivo.** Para calcular y graficar el valor mínimo, valor máximo, media y mediana de algunos de los caracteres cuantitativos de las especies estudiadas, se utilizó la versión XLSTAT-Pro 7.5.2 del programa Excel 2000 de Windows.

### 6.5. DIAGRAMA DE FLUJO



## 7. RESULTADOS

### 7.1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA

En esta sección se presenta en forma detallada la información sobre la morfología y anatomía de las partes de la planta, con énfasis en datos comparativos entre los taxones de la sección *Salmianae*.

**7.1.1. Forma de Crecimiento:** Las plantas de la sección *Salmianae* del género *Agave* se presentan como rosetas basales (sin tallos aparentes), por lo que se les denomina acaulescentes. En las especies *gentryi* y *mapisaga* se observa un tallo corto por lo que se consideran subacaulescentes. Con respecto al hábito de las especies, Dahlgren *et al.* (1985) propuso el término monocárpicas (que florecen y fructifican una sola vez y después mueren) para los géneros *Agave* y *Furcraea*. En 1982, Gentry propone el término multianuales para describir el hábito de algunas plantas del género *Agave* señalando que a pesar de ser monocárpicas (como las plantas anuales), tardan varios años en alcanzar la madurez y florecer (como las plantas perennes) lo que describe al hábito de las especies de la sección *Salmianae*. Una modalidad se presenta en algunas especies del género que consiste en que una vez que el meristemo apical produce la inflorescencia y muere, algunos meristemos laterales empiezan a producir nuevamente hojas, desplazando de esta manera a la roseta anterior, la nueva roseta tiene la capacidad de producir una inflorescencia, dando la apariencia de

que una misma roseta florece repetidamente desde las axilas de las hojas, hecho observado en *Agave gentryi*. Otra modalidad observada en *Agave mapisaga* y *Agave salmiana* var. *salmiana* es que de los rizomas laterales emergen rosetas hijas o rametos, ya sea antes o después de que la planta madre florezca, siendo fácilmente distinguibles de la planta madre, denominándose a éstas plantas surculosas. El tamaño varía desde aproximadamente 70 cm de alto en *Agave salmiana* ssp. *crassispina* en Zacatecas, hasta 3 m en *A. mapisaga* y *A. salmiana* var. *salmiana* en Hidalgo.

**7.1.2. Raíces:** Las raíces de las plantas de esta sección son horizontales y se originan desde la base del tallo, tienden a ser poco profundas, extendiéndose hacia fuera sin ramificaciones, son delgadas, generalmente de menos de 4 mm de diámetro y muy fibrosas. Las raíces principales emergen desde la base del tallo sin embargo, se forman raicillas laterales inducidas por las lluvias temporales y solo persisten mientras el suelo permanece húmedo. El número de raíces principales se incrementa conforme las plantas van creciendo, sin embargo no llegan a ser más gruesas con la edad.

**7.1.3. Tallo:** La familia presenta dos tipos principales de tallos: aéreos y subterráneos (rizomas). Los tallos aéreos son gruesos y cortos, generalmente no son distinguibles debido a la posición de las hojas que los rodean. Los rizomas se desarrollan arriba de las raíces, en la base de las rosetas y con frecuencia son carnosos y gruesos, en las especies estudiadas son muy cortos.

**7.1.4. Hoja:** Entre las características que distinguen a la familia se encuentra el arreglo de las hojas, las cuales siempre forman una roseta con las hojas acomodadas espiralmente la cual varía en forma y tamaño dependiendo de la especie. Es importante hacer notar que el tamaño, la forma y usualmente la armadura de las hojas varían mucho de acuerdo a la edad de la planta. Por lo que se compararon solamente las hojas maduras.

Las hojas son planas dorsiventralmente y pueden ser rígidas como en *Agave gentryi* y *A. montana* o flexibles como en *A. mapisaga*.

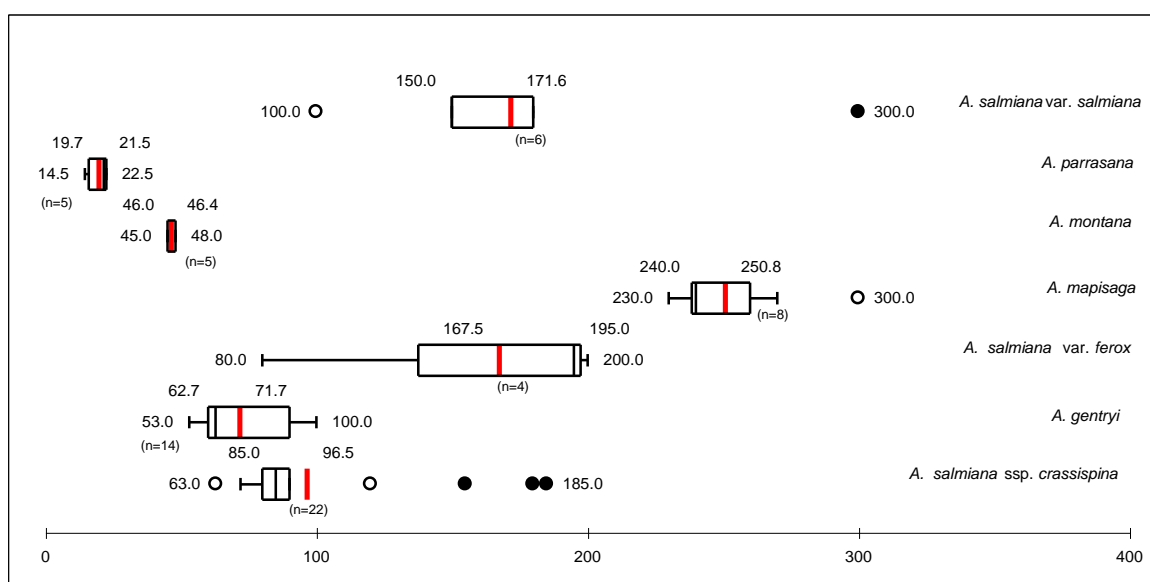
La forma de la hoja es lanceolado triangular en *A. gentryi*, ensiforme en *A. mapisaga*, cortamente elíptica en *A. montana*, linear lanceolada a lanceolada en *A. salmiana* var. *salmiana*, elíptica a ensiforme en *A. salmiana* ssp. *crassispina*, anchamente elíptica en *A. salmiana* var. *ferox* y ampliamente lanceolada a triangular en *A. tecta*.

El ápice de las hojas es largamente acuminado en *A. gentryi*, acuminado en *A. montana*, largamente acuminado y marcadamente sigmoidal en *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. salmiana* var. *ferox*. En todas las especies presenta una espina terminal rígida.

Es común que las hojas de la roseta que se encuentra en desarrollo, formen un cono central llamado “cogollo” en donde las hojas nuevas están fuertemente adheridas, las hojas al madurar se van separando de esta estructura dejando una impresión de su margen en el envés de la siguiente hoja.

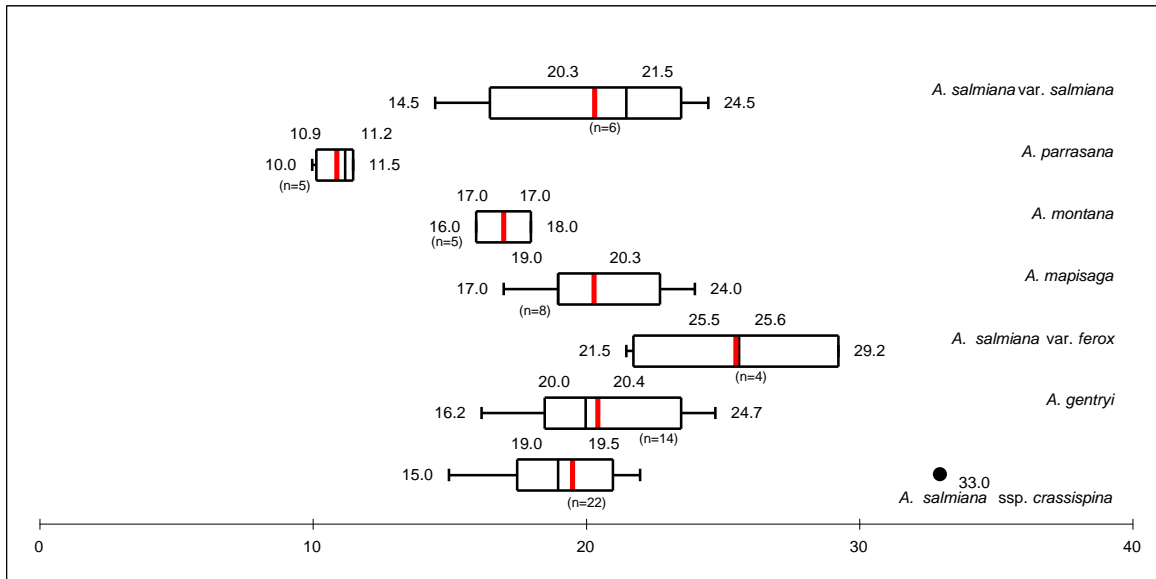
En todas las especies estudiadas, las hojas son lisas y suculentas. Donde se observaron variaciones fue en el color que puede ser de verde amarillento (*A. montana*) a verde glauco (*A. mapisaga*) o verde oscuro (*A. salmiana* var. *ferox*).

La variación en las dimensiones de la hoja se presenta en las figuras 1 y 2, donde se destaca que las hojas más pequeñas que se observaron son las de *Agave parrasana* que miden de 14.5 a 22.5 cm, las de *A. montana* miden de 45 a 48 cm de longitud y las de mayores dimensiones, de 230 a 300 cm de largo, en *Agave mapisaga*. La mayor variación, de 100 a 300 cm, se presenta en *Agave salmiana* var. *salmiana*.



**Fig. 1.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{H}$ , media  $\text{I}$ , mediana  $\text{I}$  y desviación estándar  $\text{H}$ ) en cm, del largo de la hoja en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

Con respecto al ancho de la hoja, se observó que las hojas de *Agave parrasana*, son las más angostas ya que sus medidas varían de 10 a 11.5 cm, mientras que las más anchas son las de *A. salmiana* var. *ferox* que miden de 21.5 a 29.2 cm y las hojas que presentan una mayor variación (10 cm) son las de *A. salmiana* var. *salmiana*.

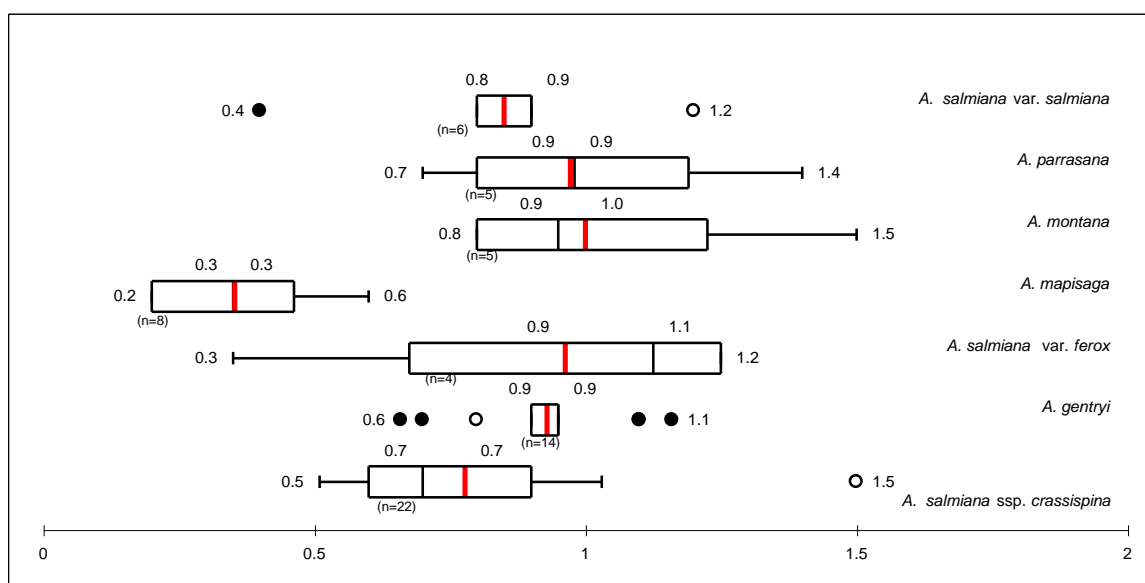


**Fig. 2.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo —|—, media (|), mediana (I) y desviación estándar □) en cm, del ancho de la hoja en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

Con respecto al margen de las hojas, existen varios caracteres a considerar: en primer lugar, todas las especies presentan márgenes dentados; si se toma en cuenta la consistencia se observó que son córneos, no presentándose en todo el contorno de la hoja, sino que está limitado al ápice de ésta como una decurrencia de las espinas (en *A. gentryi* y en *A. mapisaga* también se observó en algunos ejemplares en todo el contorno); por último, pueden ser rectos como en *A. gentryi*, *A. mapisaga* y *A. montana*, sinuosos u ondulados como en *A. tecta* y crenados (debido a la presencia de prominencias carnosas llamadas mamilas que se encuentran bajo los dientes) en *A. salmiana* var. *ferox*; observándose que en *A. salmiana* var. *salmiana* varían desde rectos a ondulados u ocasionalmente crenados y en *A. salmiana* ssp. *crassispina* pueden ser ondulados a crenados.

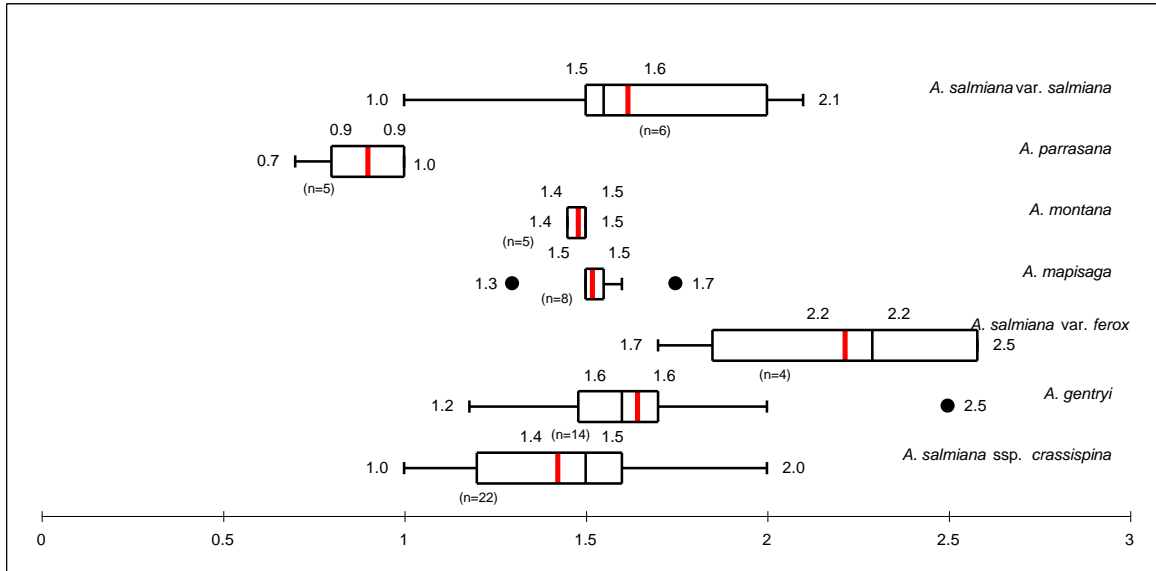


Los dientes son córneos, deltoides, unicuspidados y curvados en todas las especies, rectos en *A. mapisaga*. Su longitud varía de 2 a 6 mm en *A. mapisaga*, hasta 5 a 15 mm (los de mayor tamaño) en *A. salmiana* ssp. *crassispina* (Fig. 3).



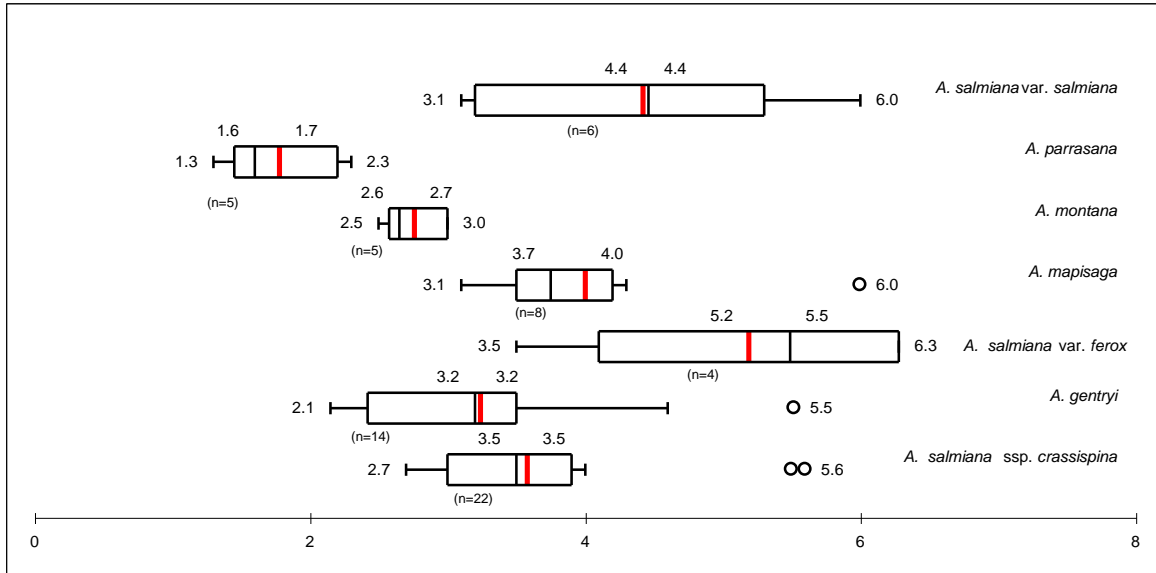
**Fig. 3.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{H}$ , media  $\text{I}$ , mediana  $\text{I}$ ) y desviación estándar  $\text{I}$  en cm, de la longitud de los dientes en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

Otro valor que se consideró fue el ancho del diente (base), observándose que los de *Agave montana* y *A. tecta* presentan una medida en promedio de 15 mm, los más anchos son los de *Agave salmiana* var. *ferox*: que alcanzan medidas de 17 a 25 mm y los que presentaron un mayor rango de variabilidad fueron los de *Agave gentryi* con valores que van desde los 12 hasta los 25 mm (Fig. 4).



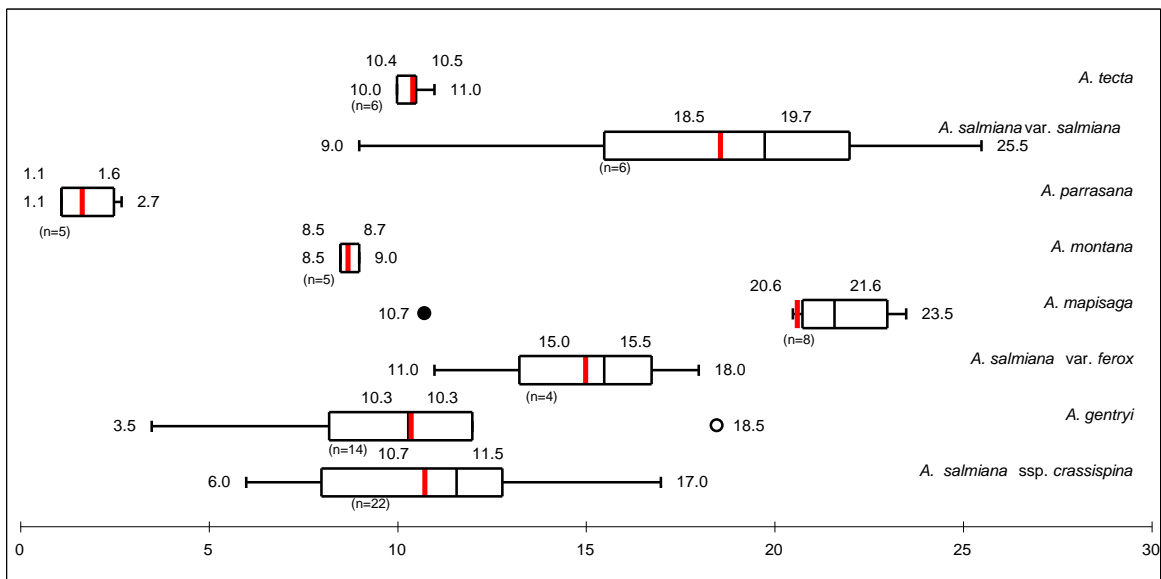
**Fig. 4.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media  $\text{||}$ , mediana  $\text{I}$ ) y desviación estándar  $\text{□}$  en cm, del ancho de los dientes en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

Otro carácter que se midió fue la distancia entre los dientes, observándose que puede ser la misma a todo lo largo de la hoja o solo igual en su parte media, tendiendo a reducirse hacia la base de la hoja y a ser mayor hacia el ápice de la misma; en *A. gentryi*, los dientes están separados entre sí a una distancia de 2.1 a 5.5 cm, mientras que en *A. mapisaga* la distancia es de 3.1 a 6 cm, siendo frecuente observar la presencia de un dientecillo intersticial entre cada par de ellos, en *A. montana* la distancia entre los dientes es de 2.5 a 3 cm, en *A. salmiana* var. *ferox* de 3.5 a 6.3 cm, se observó una distancia de 2.7 a 5.6 cm en *A. salmiana* ssp. *crassispina* mientras que en *A. salmiana* var. *salmiana* es de 3.1 a 6.0 cm y en *A. tecta* de 5.6 cm (Fig. 5).



**Fig. 5.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media (I), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, de la distancia entre los dientes en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

La distancia entre la espina terminal y el primer diente en *A. gentryi* es de hasta 18.5 cm, en *A. mapisaga* hasta 23.5 cm, en *A. montana* de 8.5 a 9 cm, en *A. salmiana* var. *salmiana* hasta 25.5 cm, en *A. salmiana* ssp. *crassispina* hasta 17 cm, en *A. salmiana* var. *ferox* hasta 18 cm y en *A. tecta* hasta 11 cm (Fig. 6).

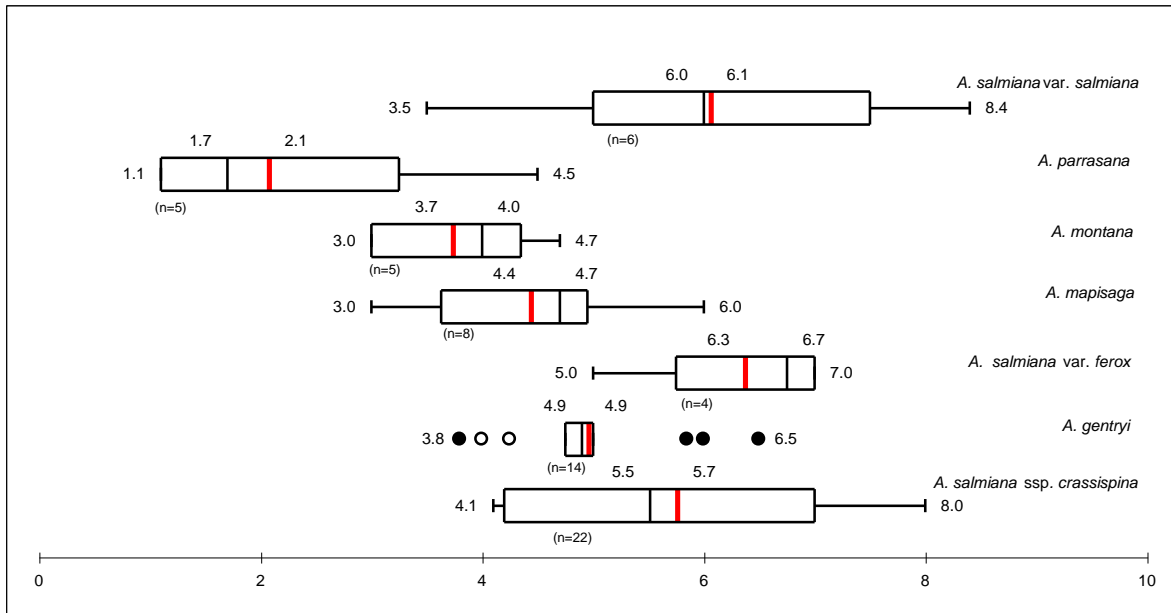


**Fig. 6.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media (I), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, de la distancia entre la espina terminal y el primer diente en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

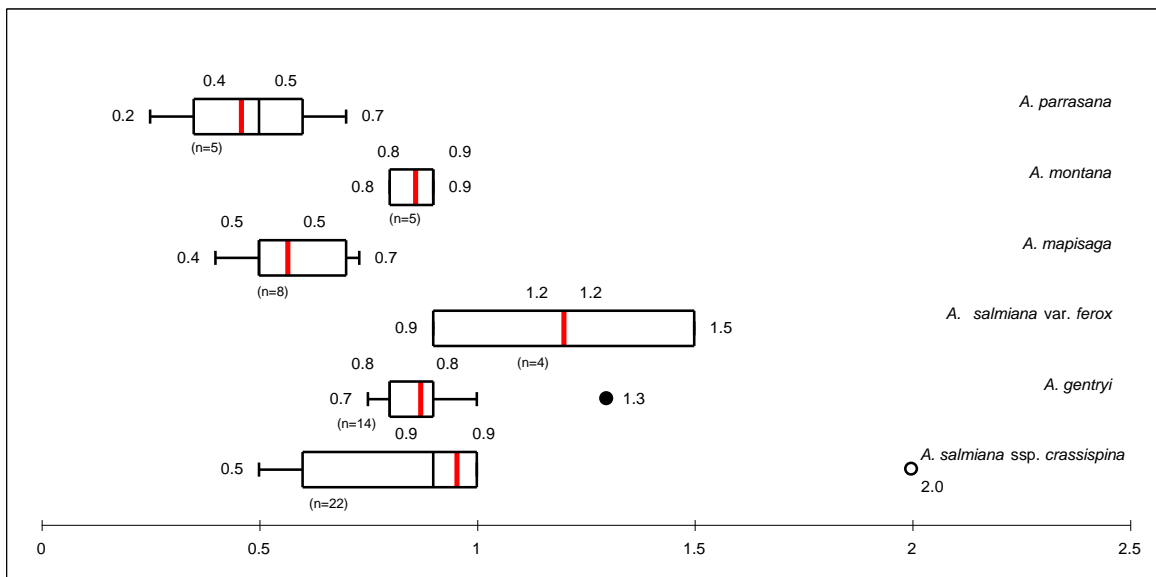
El color de los dientes es un carácter usado en la determinación de especies, pero en algunas varía de acuerdo a la edad de la hoja y quizá con la estación o con estadíos fisiológicos de crecimiento, sin embargo se determinaron tres variables: café oscuro como en *A. gentryi* y *A. tecta*, café oscuro a café rojizo en *A. mapisaga*, café grisáceo en *A. montana*, y en *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. salmiana* var. *ferox* se presentan las tres variantes.

La espina terminal es variable entre las especies. Cuando la estructura cuticular de la espina continúa hacia abajo se dice que es decurrente (como en *A. tecta* y *A. gentryi*), la cual puede ser hacia los márgenes de la hoja o hacia su centro por la parte dorsal de la espina.

La longitud, forma y engrosamiento de la espina y el tamaño del canal se han empleado en diagnosis específicas. El tamaño de la espina más pequeña es de 1.1 a 4.5 cm de longitud por 0.2 a 0.7 de ancho en la base en *Agave parrasana*, de 3.8 a 6.5 cm de largo por 0.75 a 1.3 cm de ancho en *A. gentryi*, de 3 a 6 cm de largo por 0.4 a 0.7 cm de ancho en *A. mapisaga*, de 3 a 4.7 cm de largo por 0.8 a 0.9 cm de ancho en *A. montana*, de 4.1 a 8 cm de largo por 0.5 a 2 cm de ancho en *A. salmiana* ssp. *crassispina*, de 5 a 7 cm de largo por 0.9 a 1.5 cm de ancho en *A. salmiana* var. *ferox*, de 7.5 cm en *A. tecta* y la mayor variabilidad (de 3.5 a 8.4 cm de largo) se presentó en *A. salmiana* var. *salmiana* (Figs. 7 y 8).



**Fig. 7.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media (|), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, de la longitud de la espina terminal en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.



**Fig. 8.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media (|), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, del ancho de la espina terminal en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

**7.1.5. Inflorescencia:** Las especies de esta familia, desarrollan inflorescencias terminales cuyo tamaño muestra siempre desproporción con la talla de los individuos o ramas en los que se producen. Las variaciones en su

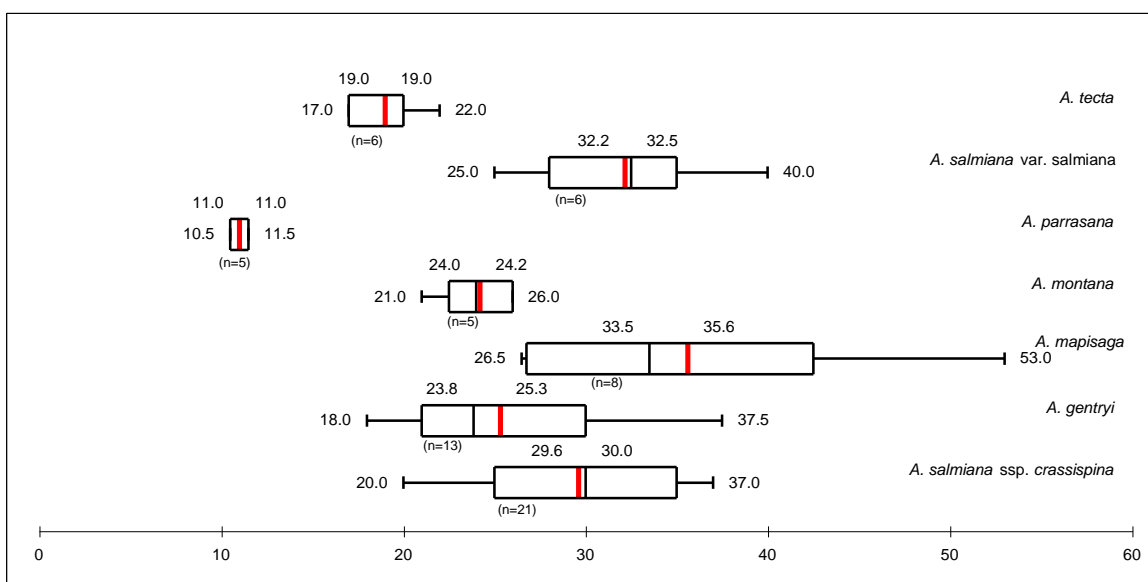
forma son notables; sin embargo, todas presentan una estructura monopodial y racemosa común en su organización. El tipo de inflorescencia ha sido utilizado por diversos autores para distinguir a los diferentes géneros y/o subgéneros de la familia. La división en subgéneros del género *Agave* se basa en este carácter.

En el subgénero *Agave* las inflorescencias son comúnmente grandes racimos compuestos de alto orden que mantienen su estructura monopodial sólo en su eje principal, mientras que las ramas laterales son de aspecto umbeliforme, por atrofia de los ápices de crecimiento, acortando los entrenudos de las ramificaciones de segundo y principalmente de tercer orden en adelante resultando un amontonamiento de las flores o ramificación cimosa (simpodial), el aspecto resultante son grandes panículas umbeliformes.

La forma del contorno de la inflorescencia varía en las especies de la sección: en *Agave gentryi* es aovada mientras que en *A. montana* es ovoide, en *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox* y *A. tecta* es piramidal o triangular y es aovado elíptica en *A. mapisaga*.

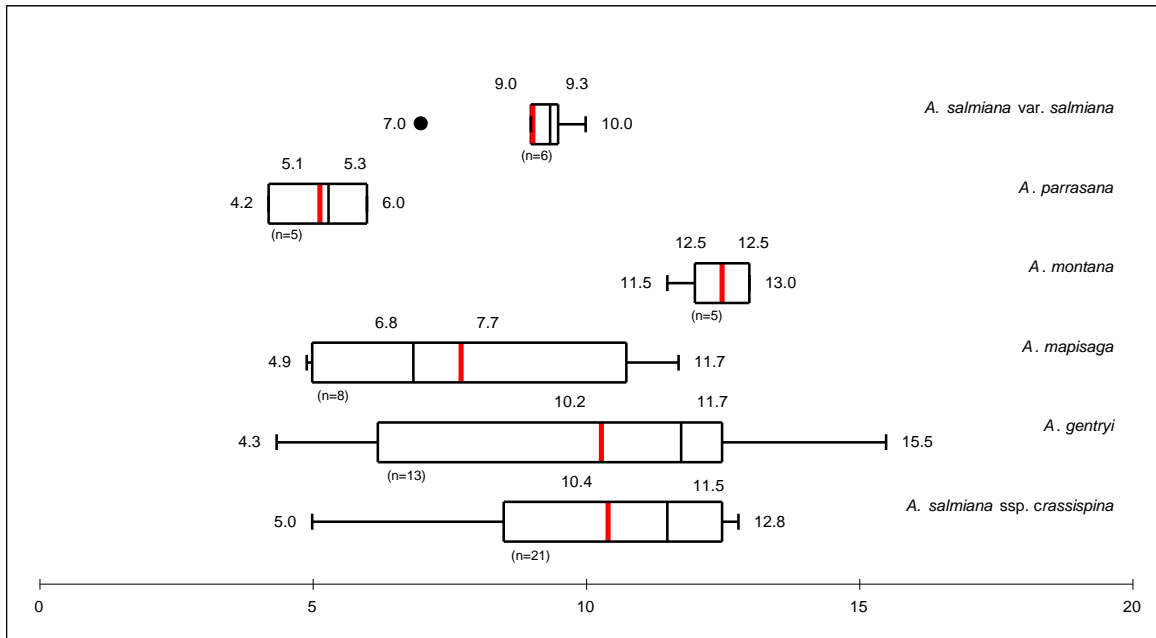
Las hojas que se encuentran asociadas al escapo floral son llamadas brácteas de la inflorescencia, están frecuentemente modificadas o reducidas en tamaño en relación con las hojas vegetativas en la misma planta. El margen de las brácteas es liso en todas las especies de la sección excepto en *A. montana* donde se presenta dentado, así como en todas se observa una espina terminal que varía en tamaño de acuerdo con las especies. La consistencia succulenta o carnosa de las brácteas se ha considerado como un carácter distintivo de esta sección.

La longitud de las brácteas de la inflorescencia va desde 18 cm hasta 37.5 cm en *Agave gentryi*, de 26.5 cm a 53 cm en *A. mapisaga*, de 21 cm a 26 cm en *A. montana*, de 20 cm a 37 cm en *A. salmiana* ssp. *crassispina*, de 25 cm a 40 cm en *A. salmiana* var. *salmiana*, de 21 cm en *A. salmiana* var. *ferox*, y de 17 a 22 cm en *A. tecta* (Fig. 9).



**Fig. 9.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{—|—}$ , media  $(\text{I})$ , mediana  $(\text{I})$  y desviación estándar  $\text{□}$ ) en cm, del largo de la bráctea en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

El ancho de la bráctea mostró que mientras en *Agave gentryi* es de hasta 15.5 cm, en *A. mapisaga* es de 4.9 cm a 11.7 cm, en *A. montana* de 11.5 cm a 13 cm, en *A. salmiana* ssp. *crassispina* de 5 cm a 12.8 cm, en *A. salmiana* var. *salmiana* de 7 cm a 10 cm, en *A. salmiana* var. *ferox* de 7.5 cm y en *A. tecta* es de 25.5 cm (Fig. 10)



**Fig. 10.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\left[ \right]$ , media (|), mediana (I) y desviación estándar  $\left[ \right]$ ) en cm, del ancho de la bráctea en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

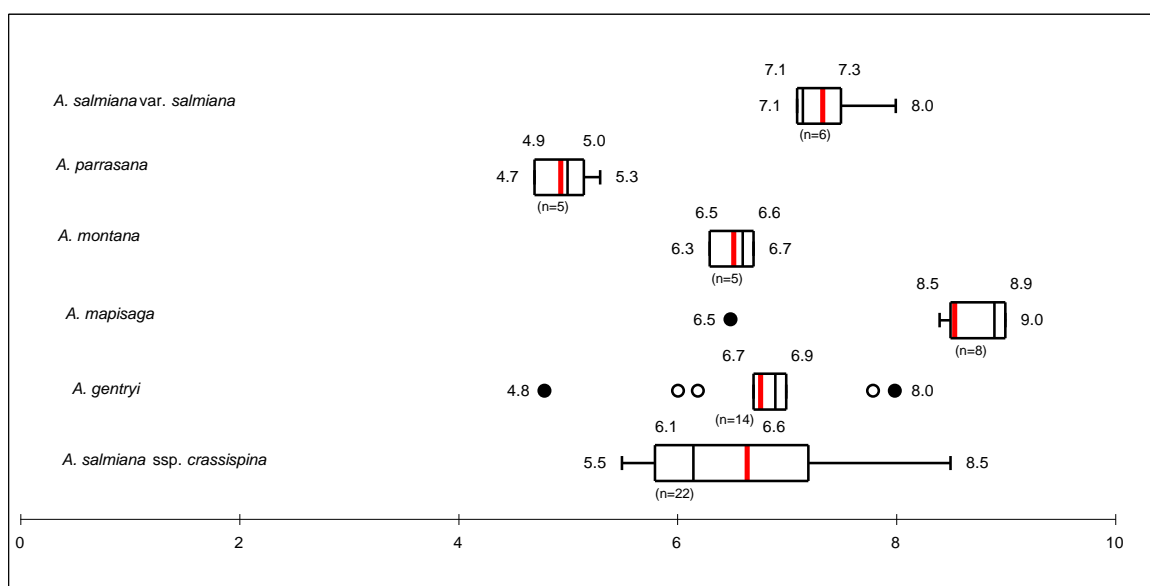
**7.1.6. Flor:** Las flores son bisexuales, trímeras, con ovario ínfero, actinomorfas. La forma es infundibuliforme, la fusión de los segmentos del perianto produce flores tubulares. Los segmentos del perianto (tépalos) están unidos formando un tubo, con los lóbulos libres. El tubo varía respecto a su forma y proporción con respecto a los lóbulos de los tépalos, el ovario y los filamentos.

Los seis tépalos o lóbulos de los tépalos son biserials dimórficos en las especies estudiadas y los externos son más largos que los internos, como se observa en el tratamiento taxonómico, son gruesos y succulentos, con forma deltoide, curvados hacia dentro (cuculados), el ápice con pelillos blancos en la superficie interna.



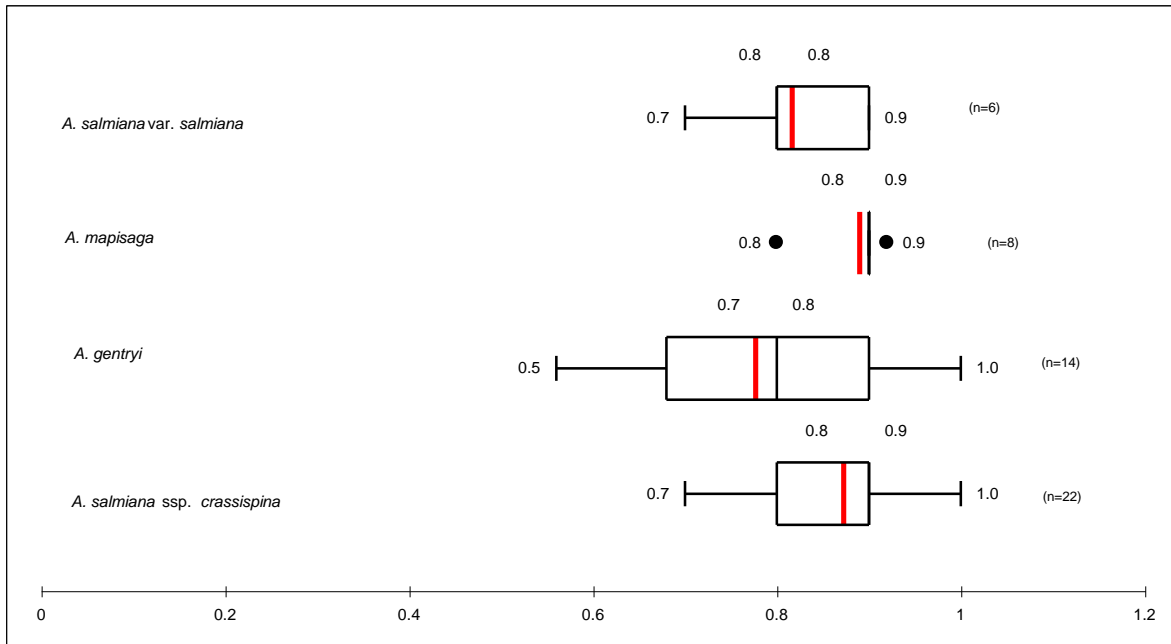
El color de las flores es amarillo, sin embargo se presentan tonalidades amarillo verdosas en *A. tecta*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* var. *ferox* y amarillo rojizas en *A. montana*.

El tamaño de las flores se ha utilizado como un carácter para la separación de especies, en *A. gentryi* es de 4.8 a 8 cm de longitud, en *A. mapisaga* de 6.5 a 9 cm, en *A. montana* de 6.3 a 6.7, en *A. salmiana* var *salmiana* es de 7.1 a 8 cm, en *A. salmiana* ssp. *crassispina* de 5.5 a 8.5 cm, en *A. salmiana* var. *ferox* es de 5 cm y en *A. tecta* es de 9.5 cm (Fig. 11).



**Fig. 11.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{H}$ , media (I), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, de la longitud de la flor en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

Con respecto al ancho de las flores, éstas se midieron a la altura del ovario, observándose que su rango de variabilidad es solamente de algunos milímetros entre las especies (Fig. 12).



**Fig. 12.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\overline{H}$ , media ( $\overline{I}$ ), mediana ( $\overline{I}$ ) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, del ancho de la flor en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

**a) Androceo:** Todas las especies del género *Agave*, tienen 6 estambres, los filamentos son exsertos, filiformes y planos dorsiventralmente en las especies estudiadas, la distancia a la que se insertan los filamentos en el tubo es variable y Gentry (1982) lo considera como un carácter de valor taxonómico para la delimitación de las especies. En *A. gentryi* están insertos en la mitad del tubo, en *A. montana* en la base de los tépalos, en *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. salmiana* var. *ferox* arriba de la mitad del tubo, en *A. mapisaga* y *A. tecta* insertos en dos niveles arriba de la base del tubo. Su tamaño es desde 4.5 a 6.5 cm de longitud en *A. gentryi*, de 5.8 a 7.3 en *A. mapisaga*, de 5 a 6 cm de largo por 3 mm de ancho en *A. montana*, de 5.5 a 7 cm de largo en *A. salmiana* var. *salmiana*, de 5 a 7 cm en *A. salmiana* ssp. *crassispina*, de 6 cm en *A. salmiana* var. *ferox* y de 6 a 6.5 cm en *A. tecta*.

Las anteras son introrsas, dehiscentes longitudinalmente, excéntricas en *A. gentryi*, *A. mapisaga*, *A. montana*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox* y céntricas en *A. tecta*. Se tamaño varía de 2 a 2.6 cm en *A. gentryi*, de 3 a 3.6 cm en *A. mapisaga*, de 1.9 a 2 cm en *A. montana*, de 3 a 3.5 cm en *A. salmiana* var. *salmiana*, de 2 a 3 cm de largo en *A. salmiana* ssp. *crassispina*, de 1.8 a 2 cm en *A. salmiana* var. *ferox* y de 1.8 cm en *A. tecta*.

Polen: Se analizaron los granos de polen de todas las especies de la sección *Salmianae*. Los tipos de aberturas o sulcos y las medidas de los granos de polen observados al microscopio electrónico de barrido (MEB) y bajo el microscopio óptico de luz (ML) se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5. Caracteres y medidas de los granos de polen de las especies de la sección *Salmianae***

Nombre científico	Forma del sulco	Eje polar mayor ( $\mu\text{m} \pm \text{D. E.}^{**}$ )	Eje polar menor ( $\mu\text{m} \pm \text{D. E.}^{**}$ )	Grosor ( $\mu\text{m} \pm \text{D. E.}^{**}$ )
<i>Agave gentryi</i>	monosulcado	85 $\pm$ 0.75	67 $\pm$ 0.85	4.50 $\pm$ 0.68
<i>Agave mapisaga</i>	disulcado	70 $\pm$ 0.60	60 $\pm$ 0.60	5.92 $\pm$ 0.48
<i>Agave montana</i>	monosulcado	90 $\pm$ 0.51	73 $\pm$ 0.70	6.23 $\pm$ 0.45
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> .	disulcado	80 $\pm$ 0.50	65 $\pm$ 0.61	6.05 $\pm$ 0.41
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i>	monosulcado	75 $\pm$ 0.53	63 $\pm$ 0.60	5.89 $\pm$ 0.49
<i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i>	monosulcado	63 $\pm$ 0.72	51 $\pm$ 0.61	*
<i>Agave tecta</i>	monosulcado	100 $\pm$ 0.50	78 $\pm$ 0.72	*

\*No se procesaron muestras en microscopio óptico.

\*\* D. E. = Desviación Estándar.

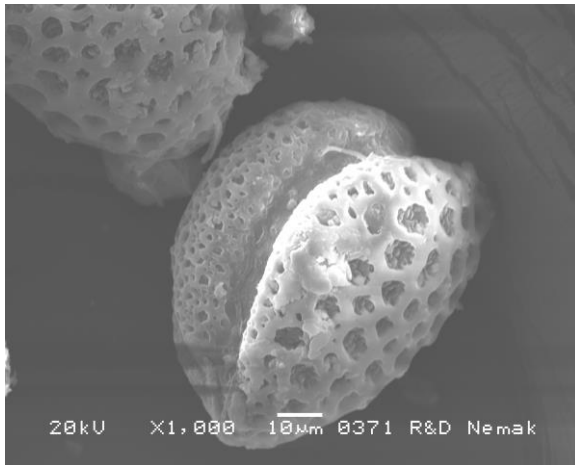
En las especies de la sección *Salmianae* los granos de polen presentan las características generales para el género *Agave*, esto es, son mónadas, heteropolares, oblados, con el sulco tan largo como el eje polar mayor en vista

polar distal, sin báculas excepto en *A. salmiana* ssp. *crassispina* que en ocasiones las presenta, con la exina per-reticulada (perforada-tectada) y retículo grueso.

Los granos de polen del grupo presentan poca variabilidad con respecto al sulco ya que de acuerdo a las observaciones en MEB, las especies monosulcadas son: *Agave gentryi*, *Agave montana* y *Agave salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* var. *ferox* y *A. tecta*, mientras que *Agave mapisaga* y *Agave salmiana* ssp. *crassispina* presentan dos sulcos; es importante aclarar que en el caso de *Agave mapisaga* se observa variabilidad ya que algunos granos son monosulcados y otros son disulcados en el mismo ejemplar.

En este grupo, los granos de polen presentan poca variabilidad con respecto a su tamaño, ya que en promedio en su eje polar mayor presentan un rango que va de 63  $\mu\text{m}$  en *Agave salmiana* var. *ferox*, 70  $\mu\text{m}$  en *Agave mapisaga* hasta 100  $\mu\text{m}$  en *Agave tecta*, mientras que en *Agave gentryi* tiene un tamaño de 85  $\mu\text{m}$  y en *Agave salmiana* ssp. *crassispina* y *Agave salmiana* var. *salmiana* presentan 80  $\mu\text{m}$  y 75  $\mu\text{m}$  respectivamente.

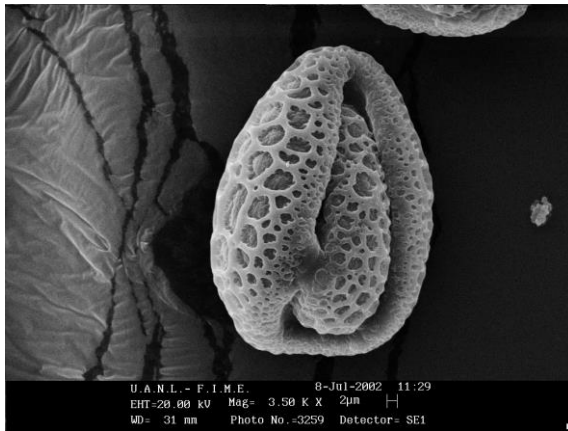
Con respecto al tamaño del Eje polar menor, el de *Agave salmiana* var. *ferox* mide 51  $\mu\text{m}$  siendo el más pequeño del grupo mientras que en *Agave montana* el promedio es de 73  $\mu\text{m}$  así como en *Agave gentryi* tiene un tamaño de 67  $\mu\text{m}$  y en *Agave salmiana* ssp. *crassispina* y *Agave salmiana* var. *salmiana* presentan 65  $\mu\text{m}$  y 63  $\mu\text{m}$  respectivamente, quien presenta el mayor tamaño es *Agave tecta* (Figs. 13 - 38).



**Fig. 13.** *Agave gentryi*. Vista polar. Sulco anaulcerado.



**Fig. 14.** *Agave gentryi*. Eje polar. Lúmenes algunos muy amplios, otros reducidos.



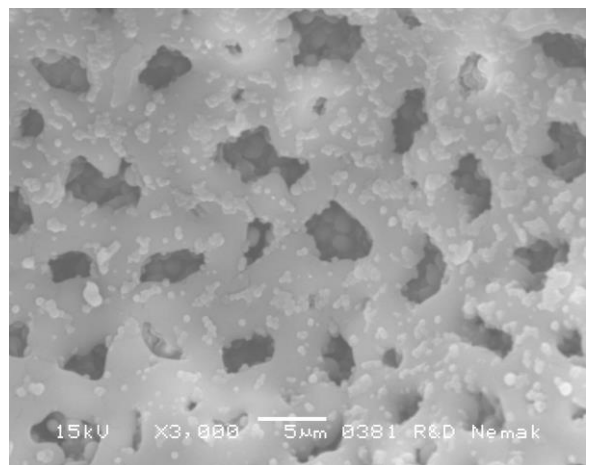
**Fig. 15.** *Agave gentryi*. Abertura “herradura”



**Fig. 16.** *Agave gentryi*. Exina per-reticulada.



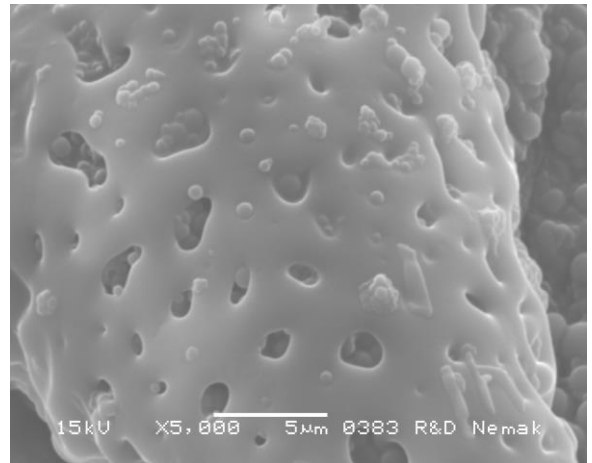
**Fig. 17.** *Agave mapisaga*. Disulcado.



**Fig. 18.** *Agave mapisaga*. Lúmenes de tamaño variable.



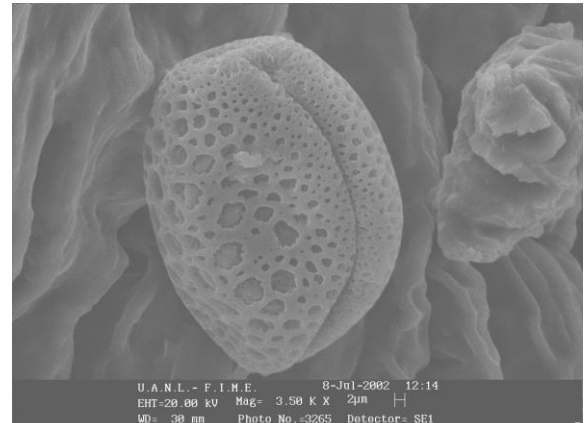
**Fig. 19.** *Agave mapisaga*. Vista ecuatorial. Disulcada.



**Fig. 20.** *Agave mapisaga*. Lúmenes reducidos con bordes lisos



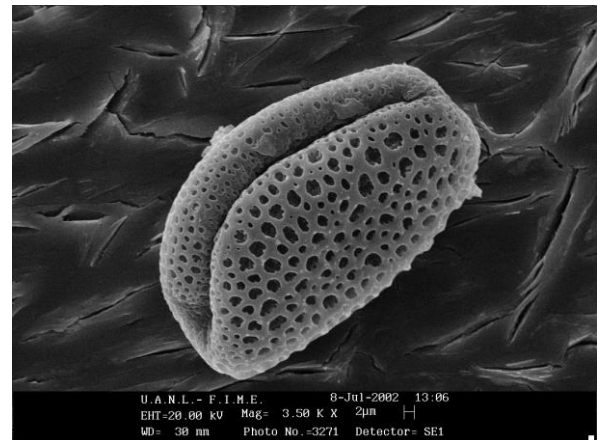
**Fig. 21.** *Agave mapisaga*. Anasulcado con los bordes de la nexina muy gruesa.



**Fig. 22.** *Agave mapisaga*. Monosulcado, exina semitectada y en la zona de la abertura tectada perforada.



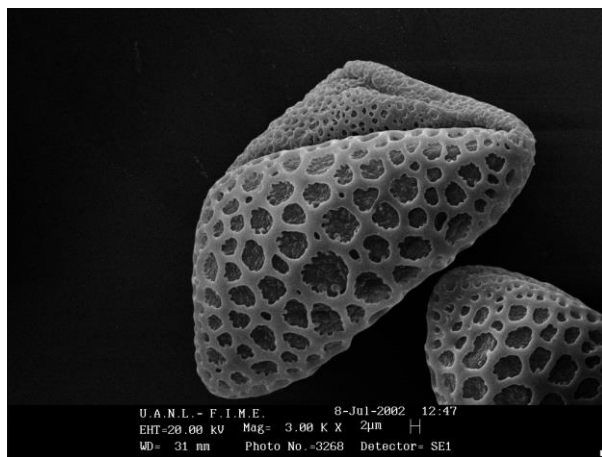
**Fig. 23.** *Agave montana*. Sulco con membrana y restos de la nexina.



**Fig. 24.** *Agave montana*. Exina per-reticulada.



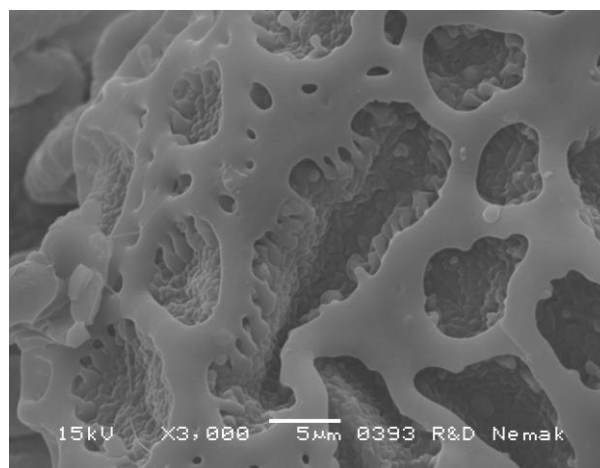
**Fig. 25.** *Agave montana*. Lúmenes de tamaño variable.



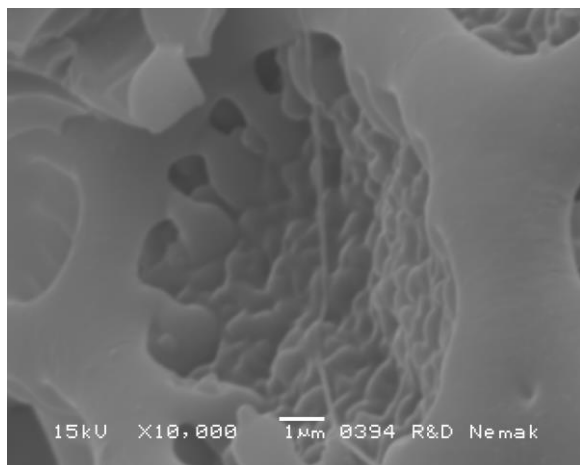
**Fig. 26.** *Agave salmiana* var. *salmiana*. Anasalcado. Lúmenes de tamaño variable.



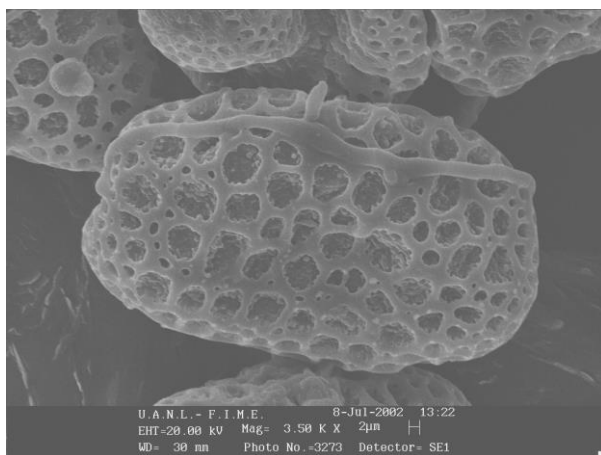
**Fig. 27.** *Agave salmiana* ssp. *crassispina*. Exina per-reticulada.



**Fig. 28.** *Agave salmiana* ssp. *crassispina*. Lúmenes irregulares con báculos y verrugas.



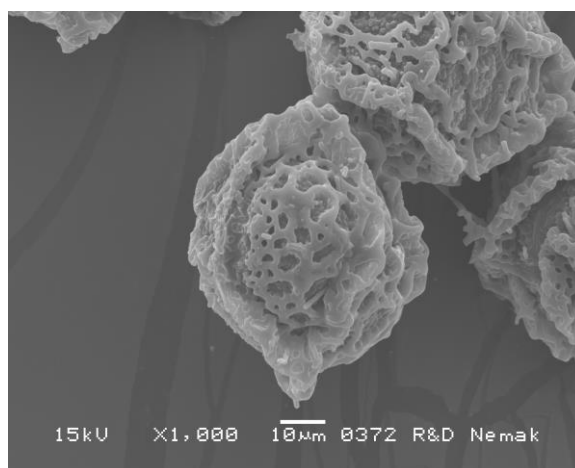
**Fig. 29.** *Agave salmiana* ssp. *crassispina*. Detalle de báculos en el lumen.



**Fig. 30.** *Agave salmiana* ssp. *crassispina*. Vista polar, exina per-reticulada.



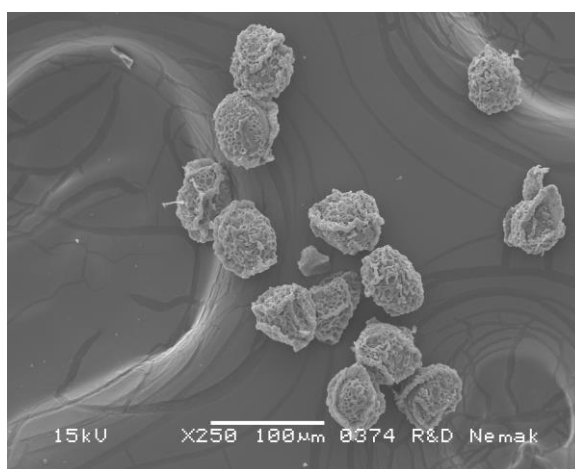
**Fig. 31.** *Agave salmiana* ssp. *crassispina*. Anulcerado, membrana de la nexina angosta.



**Fig. 32.** *Agave salmiana* var. *ferox*. Anulcerado, don un radio opérculo, membrana nexinosa muy amplia.



**Fig. 33.** *Agave salmiana* var. *ferox*. Lúmenes de tamaño variable.



**Fig. 34.** *Agave salmiana* var. *ferox*. Grupo de granos de polen.



**Fig. 35.** *Agave parrasana*. Vista ecuatorial. Disulcado.

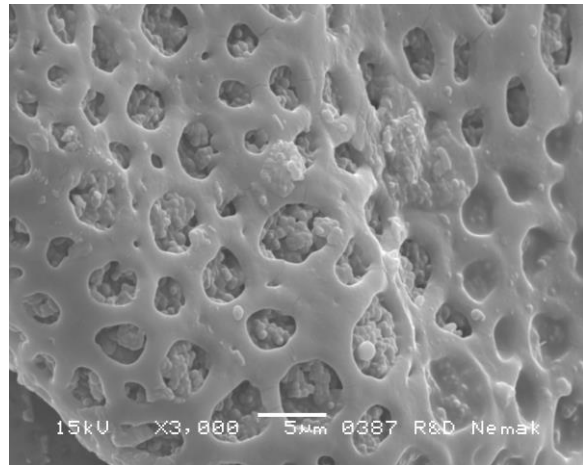


**Fig. 36.** *Agave parrasana*. Lúmenes con báculas y verrugas.



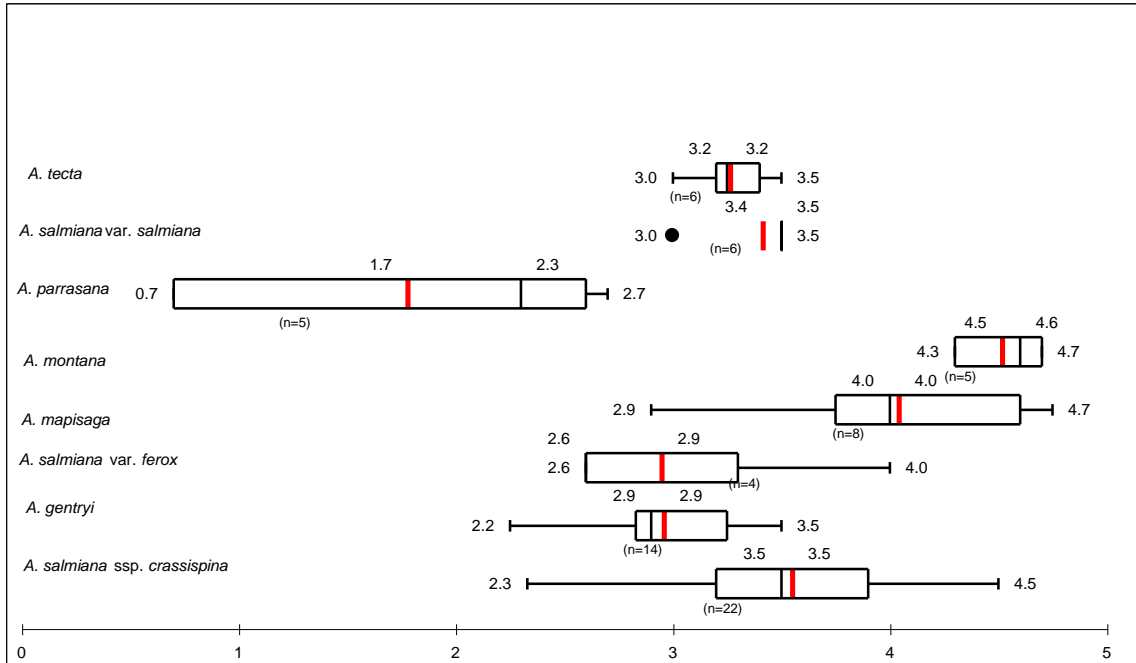


**Fig. 37.** *Agave tecta*. Exina per-reticulada, lúmenes pequeños.

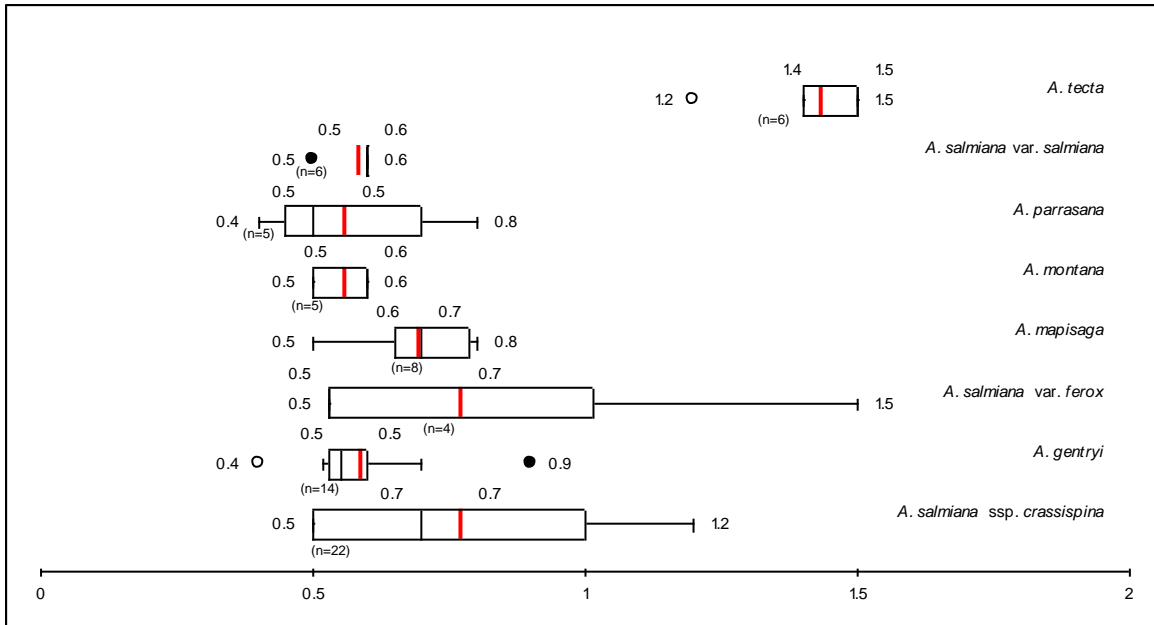


**Fig. 38.** *Agave tecta*. Lúmenes con verrugas.

**b) Gineceo:** El ovario es súpero, tricarpetar y trilocular, cada lóculo con muchos óvulos anátropos. Aunque su tamaño no se ha utilizado en otros estudios como un carácter para la separación de especies, en esta revisión, se observó que en *A. gentryi* varía de 2.2 a 3.5 cm de longitud por 0.4 a 0.9 cm de ancho, en *A. mapisaga* es de 2.9 a 4.7 cm de largo por 0.5 a 0.8 cm de ancho, en *A. montana* es de 4.3 a 4.7 cm de largo por 0.5 a 0.6 cm de ancho, en *A. salmiana* var. *salmiana* es de 3 a 3.5 cm de largo por 0.5 a 0.6 cm de ancho, en *A. salmiana* ssp. *crassispina* es de 2.3 a 4.5 cm de largo por 0.5 a 1.2 cm de ancho, en *A. salmiana* var. *ferox* es de 2.6 a 4 cm de largo por 0.5 a 1.5 cm de ancho y en *A. tecta* es de 3 a 3.5 cm de largo por 1.2 a 1.5 cm de ancho (Figs. 39 y 40).



**Fig. 39.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{H}$ , media (I), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, de la longitud del ovario en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.



**Fig. 40.** Diagrama que describe la variación (valores mínimo y máximo  $\text{H}$ , media (I), mediana (I) y desviación estándar  $\square$ ) en cm, del ancho del ovario en las especies de la sección *Salmianae*, en comparación con *A. parrasana*.

La longitud del estilo depende del grado de maduración de la flor y puede rebasar la longitud de los estambres. Se observó que en *A. gentryi* varía de 7.2 a 8.4 cm de longitud por 0.2 cm de ancho, en *A. mapisaga* es de 4 a 8.4 cm de largo por 0.2 cm de ancho, en *A. montana* es de 5 a 5.3 cm de largo por 0.1 cm de ancho, en *A. salmiana* var. *salmiana* es de 5 a 8.5 cm de largo por 0.1 a 0.2 cm de ancho, en *A. salmiana* ssp. *crassispina* es de 3 a 7 cm de largo por 0.2 cm de ancho, en *A. salmiana* var. *ferox* es de 5.5 cm de largo por 0.2 cm de ancho y en *A. tecta* es de 5.5 cm de largo por 0.2 cm de ancho. El estigma es capitado, también es trígono y trilobado pero con los lóbulos poco hendidos y redondeados, su tamaño presenta muy poca variación en las especies estudiadas.

**7.1.7. Fruto:** El fruto es una cápsula en todas las especies estudiadas, mostrando una ligera variabilidad en su forma que va desde oblonga u obpiriforme en *A. gentryi*, oblonga en *A. mapisaga*, *A. montana* y *A. tecta*, oblonga elipsoidal en *A. salmiana* var. *salmiana* hasta obovoide en *A. salmiana* var. *ferox*. Su tamaño es de 6 a 7.5 cm de largo por 2 a 2.7 cm de ancho en *A. gentryi*, de 5.5 a 6.5 cm de largo por 1.7 a 2.1 cm de ancho en *A. mapisaga*, de 5 a 6 cm de largo por 1.5 a 2 cm de ancho en *A. montana*, de 5.5 a 7 cm de longitud por 2 a 2.4 cm de ancho en *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. salmiana* var. *ferox* y de 6 cm de largo por 3 de ancho en *A. tecta*. Las semillas son lacrimiformes en *A. gentryi* y *A. montana* y ovoides en *A. mapisaga*, *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. salmiana* var. *ferox*. Su tamaño varía de 7 a 8 mm por 6 mm de ancho en *A. gentryi*, de 5 a 6 mm por 3 a 4 mm de ancho en *A. montana*, de 7 a 8 mm en *A. mapisaga*, de 8 a 9 mm en *A. salmiana* var. *salmiana* y de 7 mm en *A. salmiana* var. *ferox*. Son de color negro brillante y lisas en todas las especies estudiadas excepto rugosas en *A. mapisaga*.

## 7.2. ANÁLISIS FENÉTICO

Este tipo de análisis permite cuantificar el parecido o similitud entre dos o más OTU's aplicando un coeficiente de similitud. Con estos coeficientes matemáticos, pueden calcularse las similitudes (o su complemento: las diferencias) respecto a cada par posible de OTU's de una matriz básica de datos. Los coeficientes de similitud, de manera muy general se dividen en tres tipos: coeficientes de distancia (que mide las diferencias), coeficientes de correlación y coeficientes de asociación, siendo los últimos los más utilizados (Méndez y Villaseñor, 1997).

En el análisis de las especies de la sección aquí estudiada, primero se estandarizaron los datos ya que en la matriz básica de datos se incluyen caracteres cualitativos y cuantitativos, se aplicaron los coeficientes de distancia de Manhattan así como el de distancia Euclidiana, obteniendo resultados idénticos.

Una vez que se obtuvo la matriz de similitud, se utilizó la técnica de agrupamiento o conglomerados para obtener la matriz derivada de similitud por medio de la técnica de ligamiento promedio (en la cual se seleccionan los valores del promedio y no se elimina ningún valor), en este caso la técnica utilizada (de ligamiento promedio usando la media aritmética no ponderada) fue la UPGMA (por las siglas en inglés de Unweighted pair-group method using arithmetic averages) graficándose en un fenograma los resultados.

Este ejercicio de taxonomía numérica tiene la característica de ser repetible por otros especialistas interesados que empleen los mismos ejemplares y la

misma base de datos (considerando un margen de error en la toma e interpretación de datos), pudiendo obtener resultados semejantes.

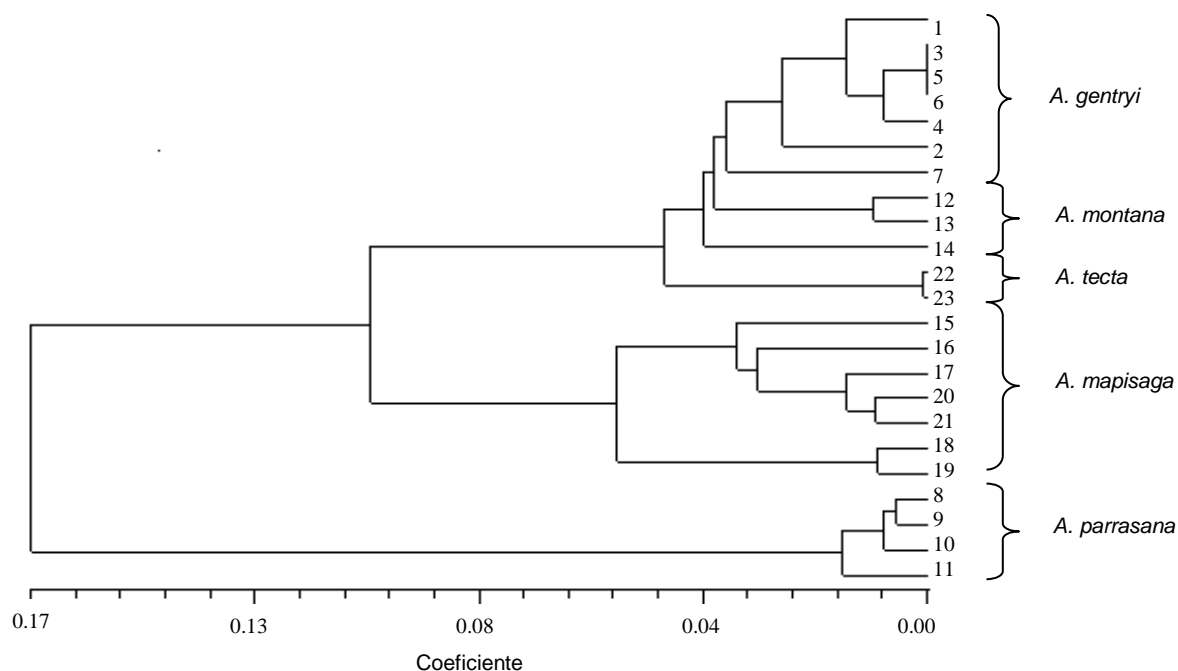
El primer análisis se realizó para observar la forma de agrupamiento de los especímenes muestreados y realizar una interpretación taxonómica. Se obtuvo un fenograma (Fig. 41) en el cual se observa con claridad la formación de tres grupos principales con coeficiente de similitud de hasta 0.17.

En el primer grupo se encuentran las especies *Agave gentryi*, *Agave montana* y *Agave tecta*, de las cuales la primera tiene su principal distribución en la Sierra Madre Oriental, la segunda es endémica para Nuevo León y la tercera es endémica de Guatemala y sólo se conoce como cultivada, por lo que su agrupamiento puede deberse principalmente a caracteres morfológicos y no de distribución geográfica.

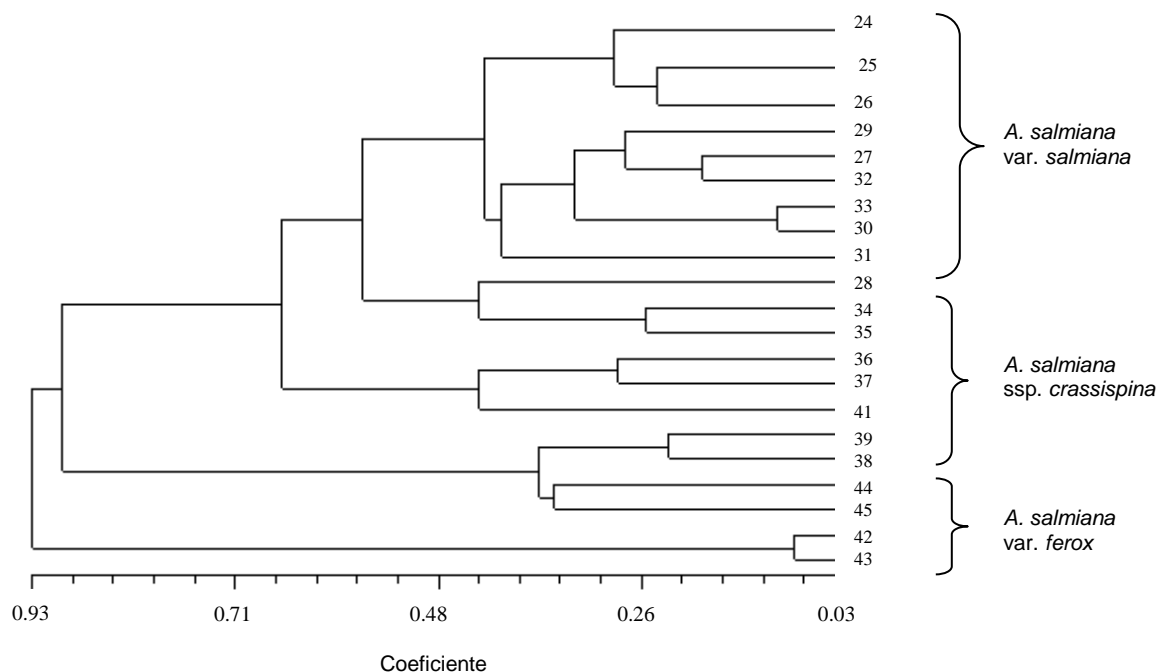
El segundo grupo está formado por *Agave mapisaga* y en un tercer grupo se encuentra *Agave parrasana* que se utilizó en este análisis para conocer su similitud con el grupo *Salmiana*, la separación de estas últimas dos especies se debe posiblemente a la diferencia en el tamaño de las plantas, ya que la roseta de *A. mapisaga* alcanza hasta 3 metros de altura, mientras que la de *A. parrasana* solamente es de 40 centímetros.

Debido a la complejidad de la especie *salmiana* que presenta categorías infraespecíficas, se realizó el análisis obteniendo un segundo fenograma (Fig. 42) con el fin de conocer el coeficiente de similitud entre sus variedades y subespecie, y el agrupamiento de las mismas, presentándose una mayor variabilidad entre los OTU's con un coeficiente hasta de 0.93.

La separación de los taxones es poco definida ya que los ejemplares de *Agave salmiana* var. *ferox* representados con los números 44 (Oax.) y 45 (Pue.), se encuentran muy cercanos a los de *Agave salmiana* ssp. *crassispina* con los números 38 (S. L. P.) y 39 (Zac.) y los OTU's 34 y 35 (Hgo.) a su vez tienen un coeficiente de similitud más cercano con *Agave salmiana* var. *salmiana* (28 del estado de México).



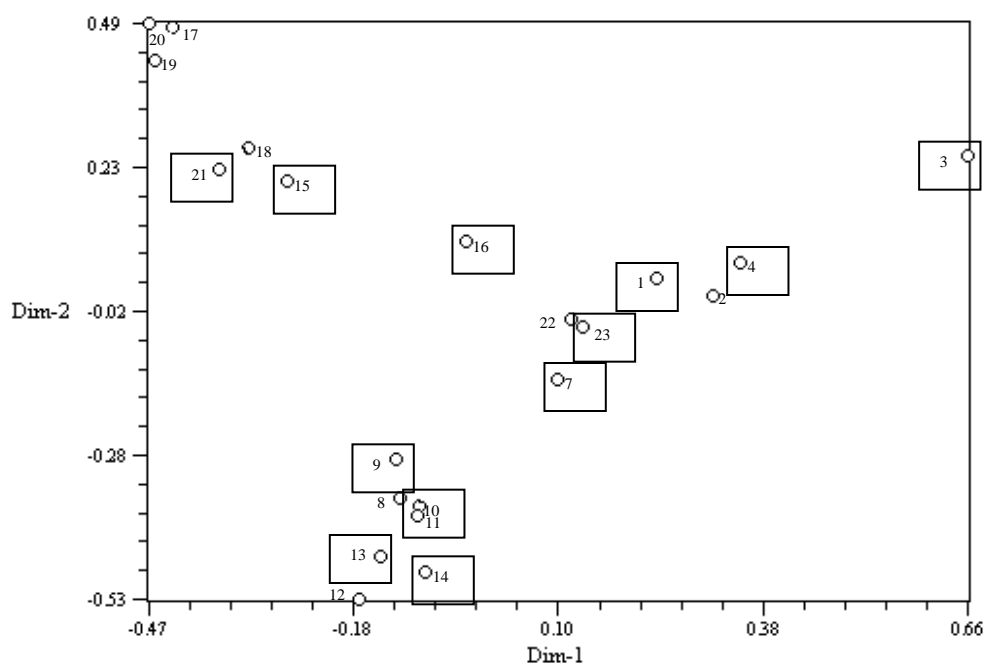
**Fig. 41.** Fenograma que muestra la formación de grupos en las poblaciones de las especies de la sección *Salmianae* del género *Agave* resultado del método de agrupamiento UPGMA, empleando el coeficiente de similitud Distancia de Manhattan. Coeficiente de Correlación cofenética ( $r = 0.94$ ). La lista de números de la derecha, corresponde a las unidades muestreadas que aparecen en la página 40.



**Fig. 42.** Fenograma que muestra la formación de grupos en las poblaciones de las especies de la sección *Salmianae* del género *Agave* resultado del método de agrupamiento UPGMA, empleando el coeficiente de similitud Distancia de Manhattan. Coeficiente de Correlación cofenética ( $r = 0.95$ ). La lista de números de la derecha, corresponde a las unidades muestreadas que aparecen en la página 40.

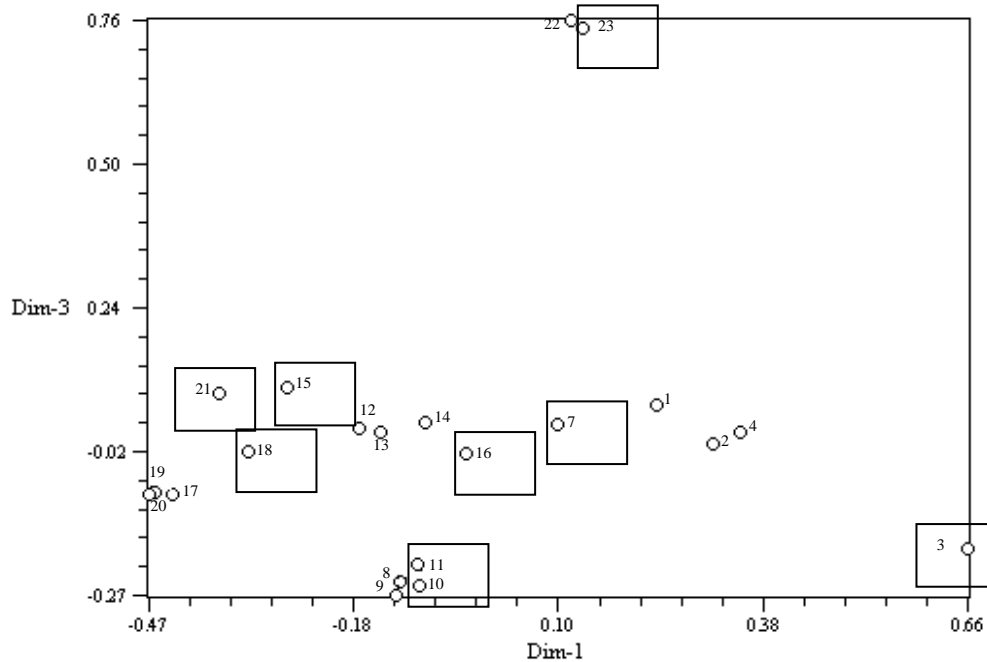
Los resultados del análisis de componentes principales muestran (Fig. 43) al primer componente principal segregando a los OTU's de *A. mapisaga* de los de *A. gentryi* y localizando en una posición intermedia a las muestras de *A. tecta*. El segundo componente principal deja a las muestras de *A. montana* en la posición inferior y cercano a un grupo formado por *A. parrasana*.

La proyección basada en los componentes principales primero y tercero produce una mejor definición de grupos para las muestras analizadas (Fig. 44). El tercer componente principal discrimina a las muestras de *A. tecta* en la porción superior de las de *A. parrasana* en la posición inferior, localizando al resto de las especies en una posición intermedia.



**Fig. 43.** Arreglo definido por el primero y segundo componentes principales para ejemplares de *Agave gentryi*, *A. mapisaga*, *A. montana*, *A. tecta* y *A. parrasana*. Los números corresponden a la lista de OTU's que aparece en la página 40.

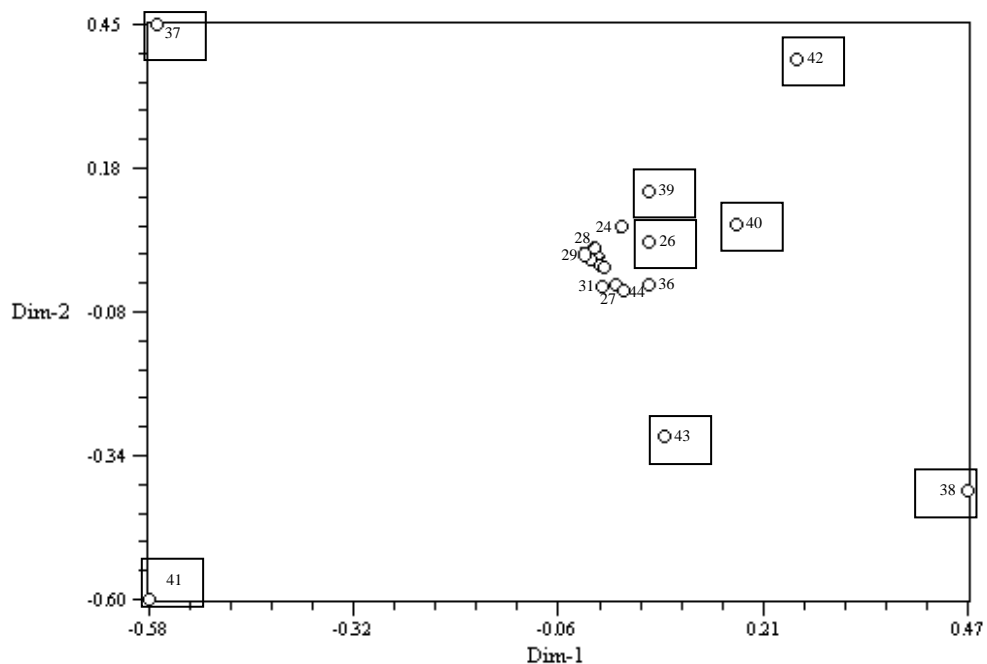




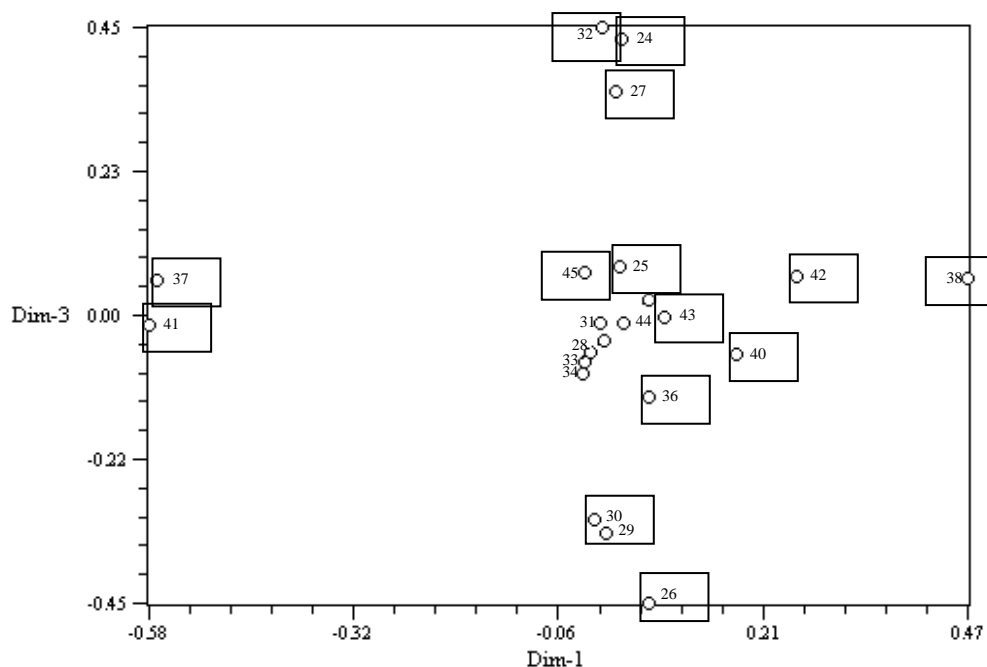
**Fig. 44.** Arreglo definido por el primer y tercer componentes principales para ejemplares de *Agave gentryi*, *A. mapisaga*, *A. montana*, *A. tecta* y *A. parrasana*. Los números corresponden a la lista de OTU's que aparece en la página 40.

Los resultados del análisis de componentes principales para la especie *salmiana* muestran (Fig. 45) al primero y segundo componentes principales en una posición intermedia a las muestras de *A. salmiana* var. *salmiana*, segregando a algunos OTU's de *A. salmiana* ssp. *crassispina* de los de *A. salmiana* var. *ferox*.

La proyección basada en los componentes principales primero y tercero produce una mejor definición de grupos para las muestras analizadas (Fig. 46). El tercer componente principal muestra a los OTU's alineados en una posición intermedia con algunos elementos de *A. salmiana* ssp. *crassispina* disgregados. Esta distribución demuestra la mínima variabilidad morfológica entre los OTU's de la especie.



**Fig. 45.** Arreglo definido por el primero y segundo componentes principales para ejemplares de *Agave salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. salmiana* var. *ferox*. Los números corresponden a la lista de OTU's que aparece en la página 40.



**Fig. 46.** Arreglo definido por el primer y tercer componentes principales para ejemplares de *Agave salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *salmiana* y *A. salmiana* var. *ferox*. Los números corresponden a la lista de OTU's que aparece en la página 40.

De acuerdo a las observaciones y a los análisis realizados durante el desarrollo de esta investigación, se proponen las siguientes categorías taxonómicas de las especies de la Sección *Salmianae* del género *Agave* L. en comparación con las presentadas por Gentry en 1982 (Tabla 6).

**Tabla 6. Comparación de las especies, variedades y subespecie de la sección *Salmianae* obtenidas en este trabajo y las propuestas por Gentry en 1982.**

Gentry 1982	González 2005
<i>Agave macroculmis</i> Tódaro 1892 (sinónimo)	<i>Agave gentryi</i> B. Ullrich 1990
<i>Agave mapisaga</i> Trelease 1920	<i>Agave mapisaga</i> Trelease 1920
<i>Agave mapisaga</i> var. <i>mapisaga</i> Gentry 1982	(sinónimo)
<i>Agave mapisaga</i> var. <i>lisa</i> Gentry 1982	(excluída)
	<i>Agave montana</i> Villarreal 1996 (incluída)
<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> (Trelease)	<i>Agave salmiana</i> ssp. <i>crassispina</i> (Trelease)
Gentry 1982	Gentry 1982
<i>Agave salmiana</i> var. <i>angustifolia</i> Berger 1915	(excluída)
<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i> Otto 1859	<i>Agave salmiana</i> var. <i>salmiana</i> Otto 1859
<i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> (Koch) Gentry 1982	<i>Agave salmiana</i> var. <i>ferox</i> (Koch) Gentry 1982
<i>Agave tecta</i> Trelease 1915	<i>Agave tecta</i> Trelease 1915
<i>Agave ragusae</i> Terracciono 1897	(excluída)

### 7.3. ANÁLISIS TAXONÓMICO

#### 7.3.1. LA FAMILIA AGAVACEAE

Plantas herbáceas, arbustivas o arborescentes, a menudo con rizomas cilíndricos o globosos y con raíces fasciculadas bien desarrolladas. Hojas dispuestas en rosetas basales o terminales, lineares, linear-lanceoladas, ampliamente lanceoladas a ovadas u oblanceoladas, membranoso-subcoriáceas, coriáceas a carnosas, ápice provisto o no de una espina terminal pungente, márgenes enteros, serrulados o con dientes aculeiformes, rara vez filíferos. Inflorescencias terminales, en forma de racimo, espiga o de panícula simple o compuesta, laxa o densa. Flores actinomórficas o algo zigomórficas, hermafroditas, segmentos del perianto dispuestos en dos series de tres elementos cada una, libres o formando un tubo de longitud variable; estambres 6, insertos en la base de los segmentos o en el tubo, filamentos filiformes o a veces engrosados, anteras peltadas o apenas peltadas, de dehiscencia longitudinal; ovario súpero o ínfero, trilocular, con numerosos óvulos anátropos, estilo filiforme o columnar, estigma capitado o trilobado. Fruto en forma de cápsula loculicida o a veces carnoso e indehiscente; semillas deltoideas a semicirculares, aplanadas, delgadas, negras, con fitomelano. **Género Tipo: *Agave* L.**

### 7.3.2. EL GÉNERO AGAVE

#### ***Agave* L.**

Plantas policárpicas, surculosas o cespitosas, acaulescentes. Raíces fasciculosas, radial y superficialmente desarrolladas. Rizomas carnosos. Rosetas de 0.15-2.50 m de altura, laxas con 8-10 hojas, o densas hasta 150-200 hojas. Hojas deltoides, elípticas, ensiformes, falcadas, lanceoladas, lineares u ovadas, rígidas o flexibles, succulentas y a veces coriáceas, lisas, estriadas o escabrosas, de color verde claro o glauco a verde oscuro, algunas especies con una franja longitudinal de color más claro que el resto de la hoja, otras especies con bandas transversales blanquecinas en el haz y en el envés, o con líneas o franjas longitudinales de color blanco o amarillo, las bases de las hojas generalmente ensanchadas, márgenes córneos o cartilaginosos, rectos o crenados con mamilas pequeñas o grandes, dentados, serrulados, lisos o filíferos, ápice acuminado, agudo u obtuso, espina terminal subulada, cónica o deltoide, con bases planas o cilíndricas. Inflorescencias paniculiforme o espiciforme, laxa o densa, erecta; brácteas de la inflorescencia deltoides o triangulares, algunas con una pequeña espina terminal, succulentas, cartáceas o papiráceas; brácteas de las ramillas lineares o deltoides, papiráceas o escariosas. Flores geminadas o en racimos, tubulares o infundibuliformes, frecuentemente de color amarillo o verde amarillo y a veces con tonalidades guindas, moradas o rojizas, generalmente con pedicelos cortos, a veces más largos o sésiles; tubos generalmente de forma cilíndrica o infundibuliforme, de diversos tamaños y característicos en cada especie, lóbulos de los tépalos similares o dimórficos, oblongos o deltoides, erectos o curvados,

suculentos, involutos o revolutos, alternos en la base; estambres exertos, filamentos planos dorsiventralmente, cilíndricos o filiformes, insertos a lo largo del tubo o en la base de los lóbulos de los tépalos, anteras versátiles, céntricas o excéntricas; ovario fusiforme o cilíndrico, ínfero, suculento, con pared gruesa, estilo largo, cilíndrico y tubular, estigma capitado, trilobado, papilado-glandular. Fruto, una cápsula loculicida, elipsoide, globosa, oblonga, obovoide, ovoide, obpiriforme o piriforme, a veces mucronadas; semillas semicirculares u ovoides, planas, delgadas, a veces un poco engrosadas, rugosas o lisas, de color negro brillante.

#### **CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE SUBGÉNEROS:**

(Modificado de Gentry, 1982)

1. Inflorescencia espiciforme, con flores dispuestas en grupos hasta de 10 sobre el eje floral... .. **Subgénero *Littaea***

1. Inflorescencia paniculiforme, con flores agrupadas en conjuntos umbelados dispuestos sobre las ramas... .. **Subgénero *Agave***

#### **7.3.3. SECCIÓN *Salmianae* Berger, Die Agaven 1915:128.**

Plantas suculentas, perennes, con tallos cortos y crasos, sin bulbillos; hojas generalmente verdes, la mayoría muy grandes, carnosas, muy crasas hacia la base, los márgenes variadamente armados; inflorescencia muy grande, los pedúnculos con brácteas grandes, carnosas, adpresas e imbricadas; panículas piramidales a ovoides en su contorno, con ramas amplias, umbelas de flores grandes proterandras, con tubos amplios de paredes crasas, los tépalos más

grandes que los tubos, dimórficos, craso-carnoso, conduplicado y/o involuto, marchitándose incurvados con la antesis; filamentos firmes, insertos en o sobre la mitad del tubo, frecuentemente en dos niveles, los de los tépalos externos son de 1-4 mm más altos; pistilo exerto de los estambres en la post-antesis.

**Especie Tipo:** *Agave salmiana* Otto.

## CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPECIES DE LA SECCIÓN

### *Salmianae:*

(González, 2005)

1. Rosetas usualmente no excediendo un metro de alto; hojas triangular lanceoladas, de menos de un metro de longitud..... .. **2**
1. Rosetas usualmente de un metro o más de alto; hojas lineares a lanceoladas de 1-2 m o más de longitud... .. **3**
2. Hojas 40 – 50 por roseta, inflorescencia aovada ... .. **A. gentryi**
2. Hojas 80-100 por roseta, inflorescencia ovoide. .... .. **A. montana**
3. Hojas lineares, la mayoría de 1.8-3 m de longitud y 19-30 cm de ancho, dientes de 4-5 mm de longitud; espinas 3-5 cm de longitud. .... .. **A. mapisaga**
3. Hojas ampliamente lanceoladas, de 0.7-2 m de longitud y 24-40 cm de ancho, dientes de 5-10mm de longitud; espinas de 5-10 cm de longitud.. .... **4**
4. Tépalos de 32-33 X 8-9 mm; hojas ampliamente lanceoladas, usualmente no más de 1.5 m de longitud, el ápice no marcadamente sigmoideo-curvado. Guatemala .... .. **A. tecta**
4. Tépalos de 21-30 X 5-8 mm; hojas anchamente elípticas, de más de 1.5 m de longitud (excepto ssp. *crassispina*), el ápice sigmoidalmente curvado. México. .... .. **A. salmiana**

## ***Agave gentryi***

***Agave gentryi*** B. Ullrich. Succulenta 69 (10): 211. 1990.

*Agave macroculmis* Tódaro, Hort. Bot. Panorm. 2: 51, Tab. 37, 38, 1878-92.

*Agave macroculmis* sensu Gentry, Ag. Cont. N. Am.: 598-601, 12.xi.1982.

Plantas acaulescentes o subacaulescentes, surculosas, rosetas de 100-150 cm. Hojas 20-35 (50), lanceolado-triangulares, de 45-80 (100) cm de largo por 17-25 cm de ancho, rígidas, lisas, verde claro a verde oscuro, márgenes parcial o totalmente córneos, de 0.1-0.3 cm de ancho, rectos en el ápice y en la base de las hojas y sinuosos en su parte media, dientes de color negro opaco, café oscuro, café grisáceo o café rojizo, deltoides, de 0.8-1.2 (1.5) cm, curvados en diferentes direcciones, separados entre sí 1.0-3.5 cm, con bases anchas sobre mamilas prominentes, a veces con pequeños dientes intersticiales; ápice agudo, espina terminal largamente deltoide, de 4.5-6.5 cm, con una base ancha que llega a medir hasta 1.2 cm, dorsalmente cilíndrica y muy engrosada en su base, ventralmente plana y anchamente acanalada, decurrente hacia los márgenes. Inflorescencia paniculiforme piramidal, de 3-5 (6) m de altura, con 10 a 28 ramas; brácteas de la inflorescencia deltoides de 20-40 cm de largo y 13-20 cm de ancho en su base, con espina terminal rígida de color café rojizo, carnosas, imbricadas en la base, a veces cubriendo completamente al escapo, verdes y/o con tonalidades rojizas. Flores de 6-8 (9) cm de largo, carnosas, amarillas, con pedicelos de 8-16 mm; cuello de 3-5 mm, tubo infundibuliforme u oblongo en su unión con el cuello, de 1.2-1.6 cm por 1.0-1.4 cm, carnoso y profundamente surcado; tépalos linear-lanceolados, de 2-3 cm de largo, con los ápices rojizos y engrosados, rectos o curvados hacia dentro; ovario fusiforme o cilíndrico, de 3.2-4.2 cm, anguloso;



filamentos cilíndricos a planos dorsiventralmente, insertos a la mitad del tubo, de 4.5-6.5 (7.5) cm; anteras excéntricas, de 2.0-2.6 (3) cm. Cápsulas oblongas de 6.0-7.5 cm de largo por 2.0-2.7 cm de ancho, cortamente estipitada, café claro u oscuro; semillas ovoides, de 7-8 mm, negro brillante.

**Lectotipo:** Tab. XXVII y XXVIII, Hort. Bot. Panorm. 2, 1878-92. De planta creciendo en Jardín Botánico de la Universidad de Palermo, Sicilia.

**Holotipo:** Gentry 20159 (15.vii.1963), Sierra Potosí (2700m) ad occidentem Galeana, Nuevo Leon, Mexico. Depositus in Herbario DES, Phoenix, Arizona, U.S.A.

#### **EJEMPLARES EXAMINADOS:**

COAHUILA: **Mpio. Arteaga:** Los Alpes & vicinity, ca. 40 miles E of Saltillo. Montane pine & chaparral limestone slopes. Alt. 9000 feet. 15-VI – 7-VII-1963. **H. S. Gentry 20074, Barclay & Argüelles.** (h, fl, foto, **MEXU!**); Road past San Antonio, ca. 26 mi. E of jct Rte 57, near Nuevo León border. Pine-Douglas-fir-oak-agave mountain hillside. Alt. 8640 feet. 21-VI-1976. **D. J. Pinkava 13560A, McGill, Reeves & Nash** (h, fl, bot, **MEXU!**, h, fl, br, bot, **ENCB!**, **ASU?**); Ca. 29 (air) miles E of Saltillo, on the S side of the Sierra de Viga, ca. 4 miles E of Jame. 25°21'N 100°31'W. Woodland of *Pinus arizonica*, *P. strobiformis*, *P. culminicola*, *Pseudotsuga*, *Quercus spp*, etc. Alt. 10600 ft. 15-V-1977. **J. Henrickson & D. Riskind 16155, R. Engard, T. Daniel.** (br, fl, bot, **MEXU!**, **USCLA?**); **Mpio. Gral. Cepeda:** Sierra La Concordia, Puerto el Capulín, 32 Km al S de San Juan de la Vaquería. 25°08'N, 101°13'W. Bosque de *Pinus cembroides* y *Juniperus erythrocarpa*. Alt. 1950 m. 15-VI-1995. **J. A. Villarreal 8156 y M. A. Carranza.** (fl, br, **ANSM!**); **Mpio. Parras:** Top ridge of Sierra Parras. Alt. ca. 8000 feet. 14-V-

1973. **H. S. Gentry 23266 & R. Engard.** (h, **MEXU!**); Sierra Playa Madero, cañón Pinalosa, Ejido Santa Victoria. 25°09'N, 101°34'W. Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus greggii*, *Q. pringlei*, *Q. striatula*, *Q. hypoxantha*. Alt. 2300-2600 m. 6-VI-1995. **M. A. Carranza 2200 y J. Encinas.** (h, fl, **ANSM!**); **Mpio. Saltillo:** Paso Carneros, SW of Saltillo. Limestone with Pine & Oak. Alt. 7500-8000 feet. 12-VI-1963. **H. S. Gentry 20037, Barclay & Argüelles.** (h, fl, foto, br. **MEXU !**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus pringlei*, *Yucca carnerosana*, *Rhus virens*, *Dasyllirion palmeri*, *Opuntia stenopetala*, *Agave striata*, *Sophora secundiflora*. Alt. 2330 m. 25-V-2000. **M. González 1208 y J. A. Villarreal.** (h, br, fl, foto, fr. **UNL!**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. 300 m al W de la estación de microondas. Matorral de *Quercus pringlei*, *Rhus virens*, *Yucca carnerosana*, *Pinus cembroides*, *Agave lechuguilla*, *Agave striata*. Alt. 2330 m. 25-V-2000. **M. González 1209 y J. A. Villarreal.** (h, br, fl, foto, **UNL!**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus pringlei*, *Yucca carnerosana*, *Rhus virens*, *Dasyllirion palmeri*, *Opuntia stenopetala*, *Agave striata*, *Sophora secundiflora*. Alt. 2335 m. 25-V-2000. **M. González 1210 y J. A. Villarreal.** (h, br, fl, **UNL!**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. 400 m al N de la Estación Micoondas Carneros. Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus pringlei*, *Yucca carnerosana*, *Rhus virens*, *Dasyllirion palmeri*, *Opuntia stenopetala*, *Agave striata*, *Sophora secundiflora*. Alt. 2150 m. 25-V-2000. **M. González 1211 y J. A. Villarreal.** (h, br, fl, foto, fr. **UNL!**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus pringlei*, *Yucca carnerosana*, *Rhus virens*, *Dasyllirion palmeri*, *Opuntia stenopetala*, *Agave striata*, *Sophora*

*secundiflora*, *Berberis trifoliata*. Alt. 2335 m. 25-V-2000. **M. González 1212 y J. A. Villarreal.** (h, br, fl, **UNLI**); **Mpio. Torreón:** Ca. 26 (air) miles SW of Torreon, in Sierra de Jimulco, ca 6 (air) miles SSW of La Rosita. 25°10'N, 103°15'W. Open grassy slopes with mixture of chaparral just above oak-madrone-juniper forest. Alt. 8100 ft. 18-IX-1973. **J. Henrickson 13190.** (**MEXU!**, **USCLA?**).

HIDALGO: **Mpio. Pachuca:** Hill just east of Pachuca (overlooking the town). Open hillside of volcanic rock, mostly quartz. Perhaps escaped from cultivation. 18-1-1951. **E. C. Ogden 5142** (h, **MEXU!**); **Mpio. Zimapan:** 18 miles NE of Zimapan along route 85. Pine & Oak Forest. Alt. 7500-8000 feet. 26-VI-1963. **H. S. Gentry 20082, Barclay & Argüelles.** (h, br, fl, foto, **MEXU!**).

NUEVO LEÓN: **Mpio. Galeana:** Near Galeana. Alt. 2300 m. s/fecha. **E. Matuda s/n.** (h, **MEXU!**); Sierra Potosí near Galeana. Limestone mountain top. Alt. ca. 9000 ft. 15-VII-1963. **H. S. Gentry 20159.** (h, fl, foto, **MEXU!**); La Poza → Río de San José. Gypsum hillside. Alt. 1245 m. 24-VII-1992. **Hinton et al. 22177** (fl, **ANSM!**); El Potosí. Brush. Alt. 2800 m. 30-IV-1989. **Hinton et al. 19401.** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, bot, **ENCB!**); **Mpio. Monterrey:** Sierra Madre Mts. s/fecha. **C. H. & M. T. Mueller 6.** (h, fl, **MEXU!**, **TEX?**); **Mpio. Zaragoza:** 6 Km al N de la Siberia, en el camino a La Encantada. 23°54'N; 99°54'W. Bosque de pino-encino con *Agave* y *Nolina*. Alt. 2700–3000 m. 27-V-1992. **L. Hernández 2738, M. Martínez y J. Jiménez.** (h, br, fl. **UAT!**, **TEX-LL?**).

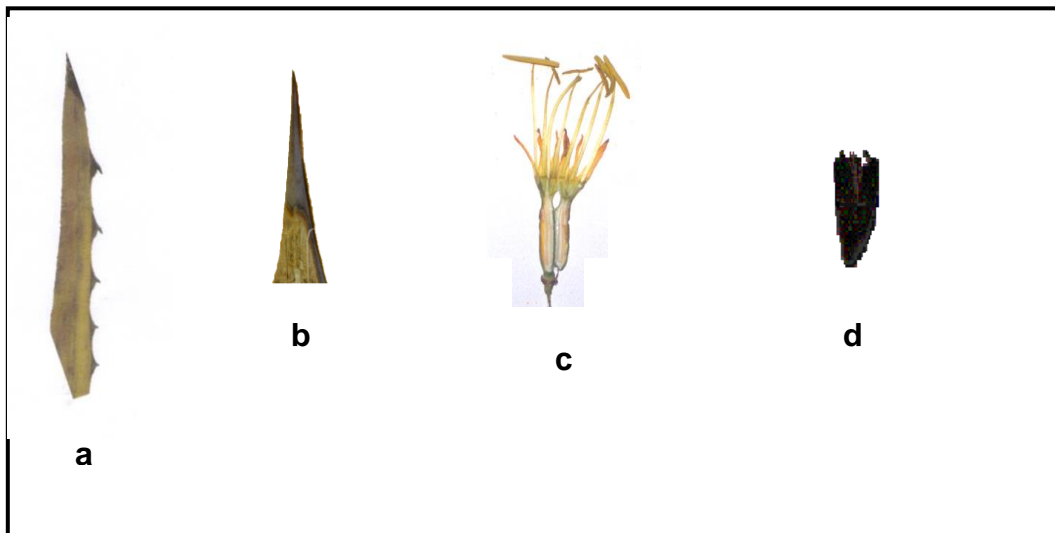
QUERÉTARO: **Mpio. Cadereyta:** La Lagunita a 5 Km de Sombrerete. 20°50'N 99°35'W. Bosque de coníferas. Alt. 2900 m. 12-V-1997. **F. Magallán 55.** (h, br, fl, **QMEX!**; **IEB?**); Brecha que va de la comunidad El Doctor a Sombrerete, a 5 Km

de El Doctor. 20°51'N 99°36'W. Chaparral (*Quercus*). Alt. 2850 m. 9-VIII-1997. **F. Magallán 88.** (h, br, fl, fr, **QMEX!**, **IEB?**); Brecha que va de la comunidad El Doctor a Sombrerete, a 5 Km de El Doctor. 20°51'N 99°36'W. Chaparral (*Quercus*). Alt. 2850 m. 9-VIII-1997. **F. Magallán 89.** (h, br, fl, **QMEX!**); **Mpio. Colón:** 2 Km al O del poblado El Zamorano. 20°48'N 100°07'W. Matorral crassicaule. Alt. 2000 m. 28-V-1997. **F. Magallán 62.** (h, br, fl, **QMEX!**, **IEB?**). **TAMAULIPAS:** **Mpio. Miquihuana:** 20 Km al NW del Ejido Estanque de los Walle. Bosque de pinos ladera norte. Alt. 1600 m. 2-IV-1988. **L. Hernández 02224.** (h, fl, **MEXU!**, br, fl, **UAT!**, fl, **QMEX!**); 5 Km al N del Aserradero. Bosque de pinos. 25-X-1986. **L. Hernández 02090** (h, **UAT!**).

**NOMBRES COMUNES:** Hidalgo: “Maguey verde silvestre”; Nuevo León y Coahuila: “maguey serrano”, “maguey del monte”; Querétaro: “maguey silvestre”, “maguey del cerro”.

**USOS:** De los tallos se obtiene aguamiel y pulque; el escapo floral se usa para hacer cercas y como forraje, toda la planta viva es usada como cerca.

**DISTRIBUCION Y HÁBITAT:** Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro y Tamaulipas. Se desarrolla en laderas con pendientes poco pronunciadas o en terrenos planos, asociada a vegetación de matorral crassicaule, matorral subinerme, bosque de coníferas (*Pinus*, *Pseudotsuga* y *Juniperus*) y bosque de *Quercus*. En altitudes de 1600-2900 m. Florece de abril a septiembre. Fructifica de septiembre a octubre.



**Fig. 47.** *Agave gentryi*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto.



**Fig. 48.** *Agave gentryi* en floración. Estación Carneros, Saltillo, Coah. Mayo/2002.



**Fig. 49.** *Agave gentryi*. Cultivada. Arteaga, Coah. Mayo/2002.



**Fig. 50.** *A. gentryi*. Inflorescencia ovoide. Arteaga, Coah. Mayo/02.



**Fig. 51.** *A. gentryi*. Detalle de las flores. Saltillo, Coah. Mayo/2002.



**Fig. 52.** *A. gentryi*. Detalle del "cogollo". San Antonio de las Alazanas. Arteaga, Coah. Mayo/2002.



**Fig. 53.** *A. gentryi*. Flores en panículas umbeliformes. Estación Carneros, Saltillo, Coah. Mayo/2002.

## ***Agave mapisaga***

***Agave mapisaga*** Trel. U.S. Nat. Herb. Contr. 23: 130-131. 1922.

*Agave mapisaga* Trel. var. *mapisaga* Trel. En: Standley, P. C., U.S. Natl. Herb. Contr. 23: 130-131. 1920.

Plantas acaulescentes o subcaulescentes, surculosas, rosetas de 2-3 m de alto por 4 a 5 m de diámetro. Hojas 30-40, lineares, de 2-2.5 m de largo por 19-30 cm de ancho, rígidas cuando jóvenes y flexibles en la madurez por lo que tienden a curvarse hacia dentro o hacia fuera, lisas, con impresión foliar, verde glauco, márgenes córneos en todo lo largo de la hoja o hasta la parte media, de 0.5-1.0 mm de ancho, rectos o sinuosos en la parte media de la hoja; dientes café oscuro o café rojizo, con bases anchas y ápices obtusos con las puntas a manera de pequeños mucrones, de 1-3 mm, separados entre sí 1.6-5.5 cm, frecuentemente con dientecillos intersticiales, sin dientes en el ápice, ápice largamente acuminado, espina terminal subulada, de 3-5 cm, con una pequeña decurrencia hacia el centro de la hoja y decurrente hacia los márgenes, de color negro opaco, gris oscuro o café rojizo. Inflorescencia paniculiforme de 5-8 m, con 24 a 25 ramas florales; brácteas de la inflorescencia deltoides con espina terminal rígida de color rojizo, de 30-40 cm de largo y de 12-19 cm en su base, carnosas, verde oscuro o verde glauco. Flores de 6.0-9.2 cm de largo, amarillas, verde amarillentas y a veces con tonalidades rojizas, con pedicelos de 1.0-1.8 cm; cuello de 0.4-0.6 cm, acanalado, tubo infundibuliforme, de 1.3-2.3 cm de largo por 1.0-1.2 (1.5) cm de ancho, acanalado, tépalos lineares a deltoides, la serie externa más largos (1.2-0.4cm) y más anchos que la serie interna, de 1.6-2.1 cm, rectos o curvados hacia dentro, involutos, amarillos o amarillo-anaranjados; ovario fusiforme, de 3.4-4.7 cm, a

veces anguloso, verde amarillento; filamentos cilíndricos a planos dorsiventralmente, insertos arriba de la mitad del tubo en dos niveles, de 5.8-7.3 cm, amarillos o amarillo-rojizos, anteras excéntricas, de 2.3-3.6 cm, amarillas o verdes. Cápsulas oblongas, de 5.5-6.5 cm de largo por 1.7-2.1 cm de ancho, cafés, semillas ovoides, de 7-8 mm, rugosas.

**TIPO:** Trelease 147. Tacubaya, 16 April, 1900. D.F., México, MO, “maguey mapisaga; planted for pulque. “Tacubaya is now engulfed in Mexico City” Gentry (1982).

#### **EJEMPLARES EXAMINADOS:**

COAHUILA: **Mpio. Saltillo:** Buenavista, a 6 Km al Sur de Saltillo por la Carretera Saltillo-Zacatecas. Carr. 54. Jardines de la UAAAN. 25°22'N, 101°00'W. Alt. 1742 m. 22-V-1995. **M. A. Carranza 2190 y H. A. Macías.** (h, fl, **ANSM!**, h, br, fl, **MEXU!**).

DISTRITO FEDERAL: Jardín Botánico de la UNAM. Cultivado. Alt. 2230 m. 14-V-1996. **A. Castañeda 78 y T. Castaño.** (h, br, fl, **MEXU!**).

EDO. DE MÉXICO: **Mpio. Naucalpan:** cultivo. VI-1966. **A. Chimal 65.** (h, **MEXU!**);

**Mpio. Tlalmanalco:** Alrededores de la población de Tlalmanalco. Cultivo de magueyes *A. mapisaga* y *A. atrovirens*. 19-II-1983. **R. Galván 1318.** (h, **ENCB!**);

**Mpio. Zumpango:** 2 Km al N de la desviación a Zumpango, Carretera México - Pachuca. Zona de cultivo de *A. mapisaga*. 2-III-1983. **R. Galván 1323.** (h, **ENCB!**).

HIDALGO: **Mpio. Cardonal:** Manzana del Bondho, San Miguel Tlazintla. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo), entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, lechuguilla y cactáceas; terreno semiplano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2050 m. 11-VI-1983. **S. Rangel 26.** (h, fl,



**MEXU!); Mpio. Tizayuca:**  $\pm$  1 Km al E de Tizayuca. Cultivo de *A. mapisaga* y *A. salmiana*. Alt.  $\pm$  2250 m. 9-IV-1983. **R. Galván 1326.** (h, **MEXU!**, h, **ENCB!**).

**QUERÉTARO:** **Mpio. Amealco:** Laguna de Servín. 20°16.29' N, 100°15.761' W. Cultivada. Alt. 2730 m. 3-VIII-1996. **F. Magallán 16.** (h, br, fl, **MEXU!**, h, br, fl, **QMEX!**, h, br, fl, **ENCB!**, **IEB?**). **Mpio. Colón:** Ejido Ajuchitlán. 20°42'N, 100°01'W. Cultivada. Alt. 1950 m. 11-VII-1996. **F. Magallán 14.** (h, br, fr, **MEXU!**, **IEB?**, **ENCB**, h, br, fr **QMEX!**); **Mpio. Huimilpan:** Km 23 de la carretera Querétaro-Huimilpan. 23-IV-1997. **F. Magallán 47.** (h, fl, **QMEX!**, **IEB?**).

**SAN LUIS POTOSÍ:** **Mpio. Mexquitic de Carmona:** La Campana. Cultivada. Alt. 1900 m. 18-VII-2003. **M. González 1305** y **R. Zapata.** (h, fl, foto, **UNL!**).

**TAMAULIPAS:** **Mpio. Jaumave:** Along road to Tula, about 2 Km southwest of Jaumave. 15-II-1951. **E.C. Ogden 5194**, **C.L. Gilly & E. Hernández.** (h, foto, **MEXU!**).

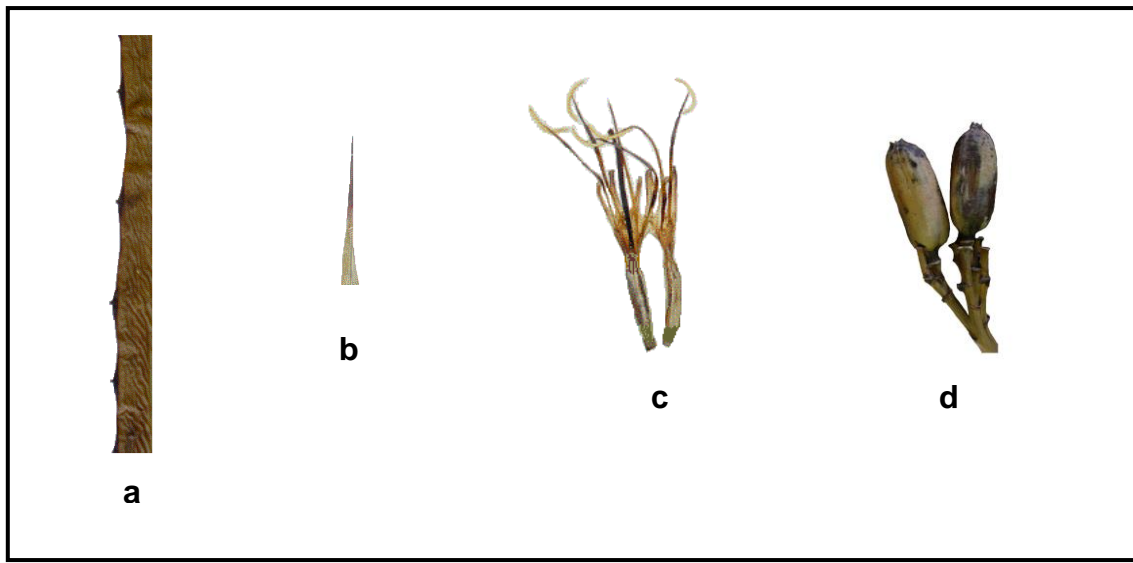
**ZACATECAS:** **Mpio. Pánfilo Natera:** Km 2 de la carretera de Pánfilo Natera a Pinos. Cultivado. 19-VII-2002. **M. González 1285** (h, foto, **UNL!**). **Mpio. Zacatecas:** Km 5 along highway to Jalpa from Zacatecas. Cultivated; Alt. 7500 feet. 28-XI-1959. **H. S. Gentry 18264.** (fl, **MEXU!**).

**NOMBRES COMUNES:** Hidalgo: “maguey penca larga”, otomí: “may’e”; Tamaulipas: “maguey manso”; Querétaro: “maguey mexicano”; San Luis Potosí: “maguey penca larga”; Zacatecas: “maguey blanco”.

**USOS:** De los tallos se obtiene aguamiel y pulque. Las hojas se usan para cocer barbacoa, los quiotes cocidos se comen como dulce y secos sirven para hacer cercas, toda la planta viva es usada como cerca.

**DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT:** Coahuila, Distrito Federal, Edo. de México, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. En lugares con pendiente suave o terrenos planos, a veces cerca de matorral cassicaule, pero siempre asociada a terrenos de cultivo. En altitudes de 1900-2700 m. Florece de abril a agosto.

En 1982, Gentry propone como una nueva variedad a *Agave mapisaga* Trel. var. *lisa* Gentry, designa como ejemplar tipo a una planta que creció en el Huntington Botanical Garden (block 20), de San Marino, California, July 7, 1966, depositado en el US y con isotipo en el DES. Aclara que es una especie cultivada de la cual no se conoce su procedencia ya que le fue obsequiada de algún lugar de Querétaro, México como “maguey lisa” sin otra información específica y que aunque trató de localizar su localidad en México no le fue posible, menciona que aparentemente representa una variedad clonal de alguna localidad desconocida. En su descripción comenta que es una planta de 2.5 a 3 m de altura y 5 a 6 m de ancho, que difiere de la variedad mapisaga en el tamaño de la planta y el tubo pequeño de la flor. En esta revisión no se encontraron ejemplares de esta variedad en los herbarios visitados, ni en los recorridos por las localidades de colecta, tampoco en las fuentes bibliográficas, por lo que únicamente se considera a *Agave mapisaga*.



**Fig.54.** *Agave mapisaga*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) frutos.



**Fig. 55.** *Agave mapisaga*. Creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Jul./2001.



**Fig. 56.** *Agave mapisaga*. Dientes intersticiales en el margen de la hoja. Jardín Botánico de la UNAM. Jul./2001.



**Fig. 57.** *A. mapisaga*. Detalle de la espina terminal. Jardín Botánico UNAM. Jul./2001.



**Fig. 58.** *A. mapisaga*. Planta en floración. Pánfilo Natera, Zac. Jul./2002





**Fig. 59.** *A. mapisaga*. Ejemplar joven, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Jul/2002.



**Fig. 60.** *A. mapisaga*. Cultivada en Ixmiquilpan, Hgo. Oct./2001.

## ***Agave montana***

***Agave montana*** Villarreal. SIDA 17(1): 191. 1996

Plantas multianuales, no rizomatosas; rosetas hemisféricas, compactas, 1.40-1.65 m diámetro, 90-1.25 m de alto. Hojas arregladas en 12 – 16 hileras, 84 – 112 por planta, cortamente elípticas, ligeramente cóncavas a casi planas, 30-40 cm de largo, 15-17 cm de ancho, de color verde amarillento, base ensanchada, ápice acuminado con borde de color café-púrpura, espina de 3-5 cm de largo, margen recto con 16-18 dientes grisáceos antrorsos y retrorsos por lado, separados 2.5-3.5 cm. Inflorescencia 3.5-4.5 m de alto, ovoide, con alrededor de 30 ramillas florales, de 25 a 35 cm de largo, ubicadas en las 2/5 partes superiores del escapo; brácteas elípticas, 18-25 cm de largo, 8-12 cm de ancho, con dientes marginales y espina terminal, cóncavas, succulentas, café-rojizas, cubriendo completamente el tallo floral; tallo floral 12-16 cm de diámetro. Flores 6-7 cm de largo, tubo del perianto 2 cm de largo, 12-14 mm ancho, tépalos lanceolados, 2 cm de largo, 3-4 mm de ancho, filamentos 5-6 cm de largo y 3 mm de ancho, aplanados, insertos en la base de los tépalos, anteras de 19-20 mm de largo y 2 mm de ancho, amarillas. Cápsulas oblongas, de 5-6 cm de largo y 1.5-2 cm de ancho, de color café oscuro; semillas lacrimiformes, 5-6 mm largo, 3-4 mm ancho, de color negro brillante.

**TIPO:** J. A. Villarreal 8120, M. A. Carranza y J. A. Encina. MÉXICO: NUEVO LEÓN: Municipio de Rayones, cima de la sierra de la Marta, 42 Km al E de San Antonio de las Alazanas, 25°09'N, 100°23'W, matorral bajo de *Arctostaphylos pungens*, *Ceanothus buxifolius*, *Pinus culminicola*, *P. hartwegii*, *Quercus greggii*,

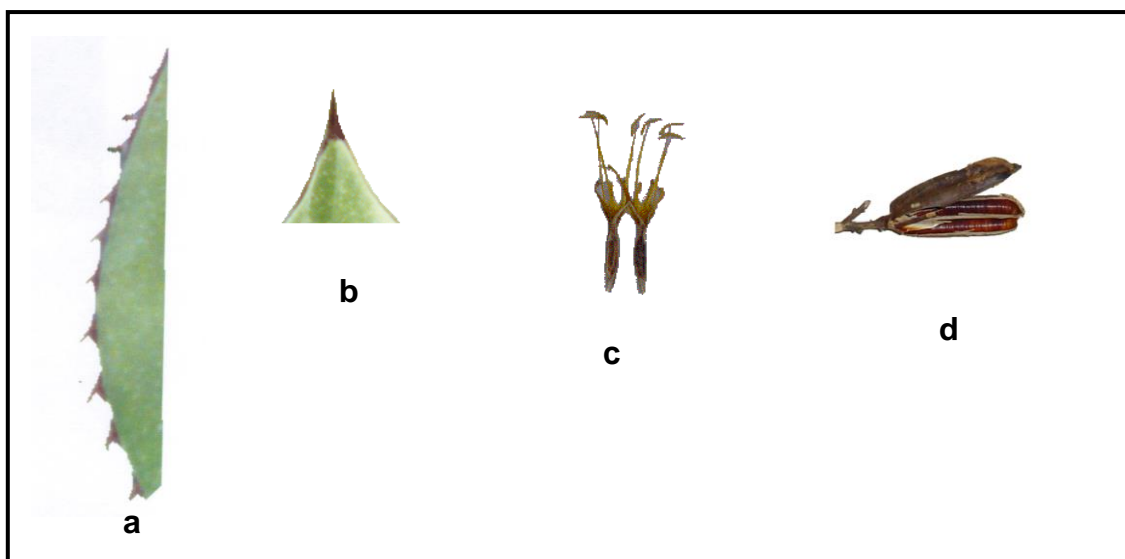
*Ceanothus greggii*, *Cercocarpus*, entre otras, 3,300 m. 5 May 1995. (HOLOTIPO: MEXU; ISOTIPOS: ANSM, ENCB).

**EJEMPLARES EXAMINADOS:** NUEVO LEÓN: **Mpio. Rayones:** Cima de la Sierra de la Marta, 42 Km al E de San Antonio de las Alazanas, 25°09'N, 100°23'W, matorral bajo de *Arctostaphylos pungens*, *Ceanothus buxifolius*, *Pinus culminicola*, *P. hartwegii*, *Quercus greggii*, *Ceanothus greggii*, *Cercocarpus*, entre otras. Alt. 3,300 m. V-2002. **M. González 1235 y J. A. Villarreal** (h, fl, br, **UNL!**); El Cedral, Sierra de la Marta. Bosque incendiado de *Pinus hartwegii* y *Quercus hintoniorum*, *Garrya*, *A. montana* y *A. gentryi*. Alt. 2,800 m. 6-VI-2002. **M. González 1269.** (h, fl, **UNL!**); El Cedral, Sierra de la Marta. Bosque incendiado de *Pinus hartwegii* y *Quercus hintoniorum*, *Garrya*, *A. montana* y *A. gentryi*. Alt. 2,800 m. 6-VI-2002. **M. González 1270.** (h, fl, **UNL!**).

**NOMBRES COMUNES:** Nuevo León: "Maguey chino".

**USOS:** Las hojas hervidas y molidas, se mezclaban con harina de maíz para hacer tortillas.

**DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT:** De distribución restringida en la cima de la Sierra de la Marta, en matorral bajo de *Arctostaphylos pungens*, *Ceanothus buxifolius*, *Pinus culminicola*, *P. hartwegii*, *Quercus greggii*, *Ceanothus greggii*, *Cercocarpus* sp, entre otras.



**Fig. 61.** *Aqave montana*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto.



**Fig. 62.** *A. montana*. Inflorescencia. Rayones, N. L. Mayo/2002.



**Fig. 63.** *A. montana*. Frutos. Rayones, N. L. Mayo/2002.



**Fig. 64.** *A. montana*. Roseta. Rayones, N. L. Mayo/2002.





**Fig. 65.** *A. montana*. Ardilla en la punta de la inflorescencia, comiendo los ovarios de las flores. Mayo/2002.



**Fig. 66.** *A. montana*. Hojas de la roseta en proceso de descomposición. Rayones, N. L. Mayo/2002.



**Fig. 67.** *A. montana*. Ejemplar joven. El Cedral, Rayones, N. L. Junio/2003.

## ***Agave salmiana***

***Agave salmiana*** B. Otto ex Salm-Dyck.

***Agave salmiana*** B. Otto ex Salm-Dyck var. ***salmiana***. Bonplandia 7:88. 1859.

*A. jacobiana* Salm-Dyck, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1859. Nachtr. 1:88. 1859.

*A. tehuacanensis* Karw. ex Salm-Dyck, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1859. Nachtr. 1:89. 1859.

*A. mitriformis* Jacobi, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1868. Nachtr. 1:145. 1868.

*A. lehmannii* Jacobi, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1868. Nachtr. 1:146. 1868.

*A. coarctata* Jacobi, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1868. Nachtr. 1:147. 1868.

*A. cochlearis* Jacobi, Abh. Schles. Ges. Vaterl. Cult., Abth. Naturwiss. 1870. Nachtr. 2:151. 1870.

*A. quiotifera* Trel. ex Ochot., Mem. Acad. Nac. Ci. "Antonio Alzate" 33:102. 1913.

*A. compluviata* Trel., in L. Bailey, Stand. cycl. hort. 1:234. 1914. *nom. nud.*

*A. atrovirens* Karw. Ex Salm-Dyck var. *sigmatophylla* A. Berger, Agaven 143-145, f.45. 1915.

Plantas acaulescentes o subacaulescentes, surculosas de 130-180 cm de alto por 120 a 250 cm de diámetro. Hojas 20-40, linear lanceoladas o lanceoladas a anchamente elípticas, con ápices marcadamente sigmoidales (sólo observable en campo), de 100-120 cm de largo por 22-26 cm de ancho, rígidas, lisas, con impresión foliar, verde oscuro o verde glauco; márgenes córneos sólo en el ápice, de 0.5-2.0 mm de ancho, sinuosos, dentados, de color café oscuro, café grisáceo o café rojizo, dientes deltoides con bases anchas y ápices rectos, a manera de mamilas, de 0.6-1.0 (1.2) cm, curvados en diferentes direcciones, separados entre sí 2-6 cm; ápice agudo; espina terminal subulada, de 5-6 cm, angostamente acanalada hasta la mitad de su longitud, y engrosada en su base, decurrente hacia los márgenes. Inflorescencia paniculiforme de 7-8 m; brácteas de la inflorescencia deltoides, largamente cuspidadas, con espina terminal rígida de

color café rojizo, de  $\pm$  40 cm de largo y  $\pm$  20 cm en su base, carnosas, verdes. Flores de 8-11 cm de largo, amarillas o verdes, con pedicelos de 0.9-1.5 cm, cuello de 0.3-0.5 cm, tubo infundibuliforme, de 2.1-2.4 cm de largo, tépalos dimórficos, la serie externa deltoides, más largos (0.2-0.3 cm) que los de la serie interna que son lanceolados, de 21-30 por 5-8 mm, curvados hacia dentro; estambres con filamentos cilíndricos o planos dorsiventralmente, insertos arriba de la mitad del tubo, de 5.5-7.0 cm; anteras excéntricas, de 3.0-3.5 cm, amarillas o verde amarillas; ovario fusiforme o cilíndrico, de 5-6 cm, amarillo, verde o verde amarillo. Cápsulas oblongas, de 5.5-7.0 cm de largo por 2.0-2.2 cm de ancho, mucronadas, de color café, semillas ovoides, de 8-9 mm.

**NEOTIPO:** Gentry no encontró ningún ejemplar adecuado para designarlo como tipo representativo, y no lo hay a la fecha.

#### **CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE SUBESPECIES Y VARIEDADES:**

1. Rosetas con hojas de 1.0-1.2 m; flores de 8-10 cm.....**var. *salmiana***
1. Rosetas con hojas de 0.6-1.0 m; flores de 6.0-7.5 cm.....**2**
2. Hojas de 13-18 cm de ancho, con dientes de 6-10 mm.....**ssp. *crassispina***
2. Hojas de 24-27 cm de ancho, con dientes de 10-16 mm..... **var. *ferox***

***Agave salmiana* var. *salmiana*:**

#### **MATERIAL EXAMINADO:**

COAHUILA: **Mpio. Arteaga**: 3 Km al W de San Antonio de las Alazanas, orillas de campos de cultivo, usualmente mezclado con *A. americana*. Alt. 2150 m. 21-VI-1995. **J. A. Villarreal 8165, M. A. Carranza y J. Encina**. (h, br, fl, **ANSM!**); 2 Km

al N de San Antonio de las Alazanas. Plantación a orilla de cultivo temporal, mezclado con *A. gentryi*. Alt. 2050 m. 6-VI-2000. **M. González 1240.** (h, br, fl, **UNL!**); San Antonio de las Alazanas. Plantación a orilla de cultivo temporal, mezclado con *A. gentryi*. Alt. 2050 m. 6-VI-2000. **M. González 1241.** (h, br, fl, **UNL!**); **Mpio. Saltillo:** Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. Alt. 2100 m. 15-VI-1995. **J. A. Villarreal 8147 y M. A. Carranza.** (h, br, fl, **ANSM!**); Estación Carneros, 33 Km al SW de Saltillo, Carr. 54. Cultivado, usualmente mezclado con *A. americana*. Alt. 2150 m. 25-V-2000. **M. González 1213 y J. A. Villarreal** (h, foto, **UNL!**); Carretera 54 Saltillo – Concepción, Km. 65. 24°55'N 100°06'W. Plantación a orilla de cultivo temporal. Alt. 1500 – 1600 m. **D. Castillo s/n** (h, fl. **ANSM!**)

DISTRITO FEDERAL: Hacienda de Guadalupe, San Ángel. s/fecha **A. Ramírez s/n** (h, **MEXU!**); Jardín Botánico de la UNAM. Alt. 2230m. **A. García-Mendoza 4152** (br, fl, **MEXU!**); Cultivado en el Jardín Botánico de la UNAM, procedente de cultivos de Tlanepantla. Época de floración Mayo. V-1963. **A. Gómez-Pompa 968** (h, **MEXU!**); Valle de México Cultivado en el Jardín Botánico de la UNAM cerca del Invernadero de Orquídeas. Época de floración may-jun. V-1963. **A. Gómez-Pompa 970** (h, fl, **MEXU!**); Jardín Botánico de la UNAM. Cultivada. Alt. 2230 m. 23-IV-1993. **A. García-Mendoza 5791** (h, fl, **MEXU!**).

DURANGO: **Mpio. Canatlán:** Alrededores de Canatlán. Matorral de gatuño, huizache. Regularmente presente. Alt. 1950 m. 9-I-1995. **J. Chávez s/n** (h, **ANSM!**); **Mpio. Nombre de Dios:** Base del cerro El Grande, Ejido La Parrilla, 23°43'27"N, 104°09'19"W. Matorral xerófilo (rosetófilo) con *Opuntia*. Suelo

pedregoso, de aproximadamente 60° de inclinación. Alt. 2072 m. 5-II-2002. **F. Ortíz 175, H. Medrano y L. E. Castro** (h, br, f, **MEXU!**).

EDO. DE MEXICO: **Mpio. Apasco**: **A. Ramírez**. S/fecha (h, br, **MEXU!**); **Mpio. Huehuetoca**: Km 58 de la Autopista México-Querétaro. Cultivado en orillas de terrenos de cultivo. 19-VI-1994. **A. Castañeda 26** (h, br, fl, **MEXU!**); **Mpio. Jalatlaco**: 3 km al NO de Jalatlaco. Cultivado. Creciendo en las orillas de terrenos de cultivo. Alt. 2900 m. 6-IV-1994. **A. Castañeda 1, A. García-Mendoza, F. Palma y J. Reyes** (h, fl, br, **MEXU!**); **Mpio. San Martín de las Pirámides**: ladera SE de Cerro Gordo. Ladera de cultivo de *A. salmiana* var. *salmiana*. Alt: 2600 m. 23-VI-1983. **R. Galván 1353** (h, **ENCB!**); **Mpio. Temascaltepec**: 20 Km al NE de Temascaltepec. Carr. Temascaltepec - Toluca. Bosque de pino, secundario. Alt. 2500 m. 9-V-1988. **G. Flores 823 & L. Terpán** (h, fl, **MEXU!**); **Mpio. Tenango del Aire**: 3 Km al W de Tenango del Aire. Ladera pedregosa con vegetación de pastizal en transición con bosque de *Pinus* y *Quercus*. Alt: 2450 m. 3-V-1969. **A. Pineda 729** (h, fl, bot, **ENCB!**); **Mpio. Zinacantepec**: Loma de San Francisco Tlalcalalpan. Cultivado en orillas de terrenos de cultivo. Alt. 2820 m. 8-XII-1995. **A. Castañeda 57, A. García-Mendoza y M. Flores** (h, br, fr, **MEXU!**).

HIDALGO: **Mpio. Actopan**: Cerca del Manantial de la Mora. Pueblo del Rincón. III-VI-1936. **A. Ramírez** (h, **MEXU!**); Lagunilla. III-VI-1936. **A. Ramírez** (h, **MEXU!**); Caxuxi. III-VI-1936. **A. Ramírez** (h, **MEXU!**); III-VI-1936. **A. Ramírez s/n** (h, **MEXU!**); 8 Km al W de Actopan (Cerro de la Cantera). Matorral crassicaule alterado. Alt. 2200 m. 29-IV-1965. **L. González 2341** (fl, **ENCB!**); **Mpio. Apam**: Hda. de Espejel. Penca tierna. 1940. **A. Ramírez s/n** (h, **MEXU!**); **Mpio. Cardonal**: Aprox. 1 km al W de El Sauz. Matorral desértico rosetófilo (perturbado

por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, lechuguilla y cactáceas; terreno semiplano y algo pedregoso con suelo poco profundo. Zona de temporal. Alt. 2080 m. 25-XI-1982. **S. Rangel 3** (h, **MEXU!**); Aprox. 350 m al Norte de El Sauz. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, lechuguilla y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2035 m. 25-XI-1982. **S. Rangel 4** (h, **MEXU!**); Aprox. 350 m al Norte de El Sauz. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, lechuguilla y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2035 m. 25-XI-1982. **S. Rangel 5** (h, **MEXU!**); Manzana del Bondho, San Miguel Tlazintla. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2045 m. 28-XI-1982. **S. Rangel 6** (h, **MEXU!**); El Bondho (San Miguel Tlazintla). Ladera de cerro, terreno pedregoso con cultivo de maguey y dentro del matorral desértico calcícola. Alt.  $\pm$  2080 m. 8-V-1992. **S. Rangel 133** (h, br, fl, **ENCB!**); Manzana del Molino, San Miguel Tlazintla. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra yuca, mezquite, lechuguilla y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2045 m. 6-V-1983. **S. Rangel 21** (h, **MEXU!**); Manzana del Molino, San Miguel Tlazintla. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2045 m. 18-III-1983. **S. Rangel 17** (h, **MEXU!**); Aprox. 350 m al Norte de El

Sauz. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, lechuguilla y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2035 m. 6-V-1983. **S. Rangel 28** (h, fr, **MEXU!**); Aprox. 1 Km al NNE de El Sauz. Matorral desértico rosetófilo (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, lechuguilla y cactáceas, terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 2035 m. 6-V-1983. **S. Rangel 19** (h, **MEXU!**); **Mpio. Ixmiquilpan:** Aprox. 350 m al S de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, sangre de grado y cactáceas; terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 1850m. 17-XII-1982. **S. Rangel 7** (h, **MEXU!**); Aprox. 350 m al S de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, sangre de grado y cactáceas; terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 1850m. 17-XII-1982. **S. Rangel 8** (h, **MEXU!**); Aprox. 350 m al S de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, sangre de grado y cactáceas; terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 1850m. 17-XII-1982. **S. Rangel 11** (h, **MEXU!**); Aprox. 300 m al S de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, sangre de grado y cactáceas; terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt 1850m. 17-XII-1982. **S. Rangel 9** (h, fr, **MEXU!**); Aprox. 1 km al S de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, yuca, sangre de grado y cactáceas;

terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt 1850m. 17-XII-1982. **S. Rangel 10** (h, **MEXU!**); Aprox. 1.5 Km al N de Dexthi (San Juanico). Matorral crassicaule (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra mezquite, sangre de grado, yuca y cactáceas; terreno plano con suelo profundo. Zona de temporal. Alt 1860m. 2-VI-1983. **S. Rangel 22** (fl, esp, **MEXU!**); Cantamayé (Orizabita). Terreno semiplano, pedregoso (calizas); matorral crasicaule. Cultivado. Alt:  $\pm$  2080 m. 23-III-1993. **S. Rangel 161** (h, fl, espina, botones, **ENCB!**); **Mpio. Metztitlán**: Paraje La Casita, carretera Pachuca–Tampico. 20°26'35"N, 98°40'50"W. Matorral crassicaule de *Stenocereus dumortieri*. Sustrato de rocas ígneas, suelo somero y pedregoso. Alt. 1100 m. 9-XI-2000. **E. Guizar 5295, A. Castañeda y L. Rodríguez** (h, fr, **MEXU!**, **CHAPA?**); **Mpio. Nicolás Flores**: Aprox. 1 km al NNE de Nicolás Flores. Bosque aciculifolio abierto (perturbado por ser área de cultivo) entre la asociación vegetal se encuentra enebro, encino, cactáceas y arbustos espinosos; terreno montañoso con suelo profundo. Zona de temporal. Alt. 1650 m. 26-XII-1982. **S. Rangel 14** (h, fr, **MEXU!**); **Mpio. Tepeapulco**: 2 Km al N de Tepeapulco, alrededores de las Pirámides. Matorral. Alt: 2550 m. 15-II-1981. **R. Galván 735** (h, **ENCB!**); 5 Km al N de Tepeapulco. Ladera con matorral xerófilo parcialmente ocupada con cultivo de *Agave*. Alt: 2500 m. 31-X-1982. **R. Galván 1304** (h, br, **ENCB!**).

OAXACA: **Mpio. Mitla**: s/fecha. **A. Ramírez s/n** (h, **MEXU!**, h, foto **ENCB!**); **Mpio. San Agustín Amatengo: Distrito de Ejutla**. Cultivado. Alt. 1480 m. 27-IX-1984. **F. Palma 27** (h, **MEXU!**); **Mpio. San Cristóbal Suchixtlahuaca: Distrito de Coixtlahuaca**. 5 Km al SO de Suchixtlahuaca. Matorral espinoso con *Hechtia*, *Acacia*, *Agave* y *Senecio*. Suelo oscuro derivado de roca ígnea. Abundante. Alt.



2300 m. 11-VII-1986. **A. García-Mendoza 2519 y F. Mérida** (h, fl, **MEXU!**); **Mpio. San Juan Mixtepec: Distrito Juchitán.** Tejocotes. Bosque de *Quercus* – *Pinus* perturbado. Cultivado. Alt. 2600 m. 12-IV-1990. **A. García-Mendoza 4554 y J. Reyes** (h, br, bot, fl, **MEXU!**); **Mpio. Santiago Chazumba: Distrito de Huajuapam.** ½ km al N de Chazumba. Matorral xerófilo. 14-VIII-1985. **F. Palma 31** (h, fl, **MEXU!**); **Mpio. Tamazulapan: Distrito Teposcolula.** Río del Oro, 6 Km al NO de Tamazulapan, frente a la hidroeléctrica. 17°41'37"N, 97°87'09"W. Matorral xerófilo perturbado con *Acacia* y *Yucca*. Suelo arenoso rojizo. Cultivada. Alt. 1830 m. 10-VII-2001. **A. García-Mendoza 7117, S. Franco y A. Castañeda** (h, br, fl, **MEXU!**); **Mpio. Teotitlán. Distrito de Teotitlán:** 3 Km al NE de Teotitlán. Carretera a Huahutla. Selva baja caducifolia. Alt. 1150 m. V-2003. **A. García-Mendoza 7559** (h, br, **MEXU!**); **Mpio. Tepelmeme: Distrito de Coixtlahuaca.** 8 Km al NW de Tepelmeme, autopista Cuacnopalan - Oaxaca. Restos de matorral xerófilo. Protegida, cerca de los campos de cultivo. Abundante. Alt. 2200 m 24-III-1996. **A. García-Mendoza 6176 y L. de la Rosa** (h, br, bot, **MEXU!**); **Mpio. Teposcolula: Distrito de Teposcolula.** Cerro sobre el camino de Teposcolula a San Andrés Lagunas. Bosque de *Pinus* & *Quercus*. A la orilla de un terreno de cultivo. Alt. 2200 m. 10-V-1981. **R. Cedillo 781, D. Lorence y A. García-Mendoza** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **ENCB!**).

PUEBLA: **Mpio. San Lorenzo Teotipilco:** San Lorenzo, Cueva de la Ahorcada. Valle de Tehuacán. 3-VII-1999. **G. Téllez 1, 2, 3, 4, 5, 6** (h, br, fl, foto **MEXU!**); **Mpio. Tecamachalco:** Cultivado. Large salmiana - like maguey plant in border planting adjacent to wild population of *A. ferox*. Alt. Ca. 5500 feet. 9-XI-1967. **H. S. Gentry 22416** (fr, foto **MEXU!**); **Mpio. Tehuacán:** Near Tehuacán, at San Lorenzo

Teotipilco. Dry calcareous hill with Yucca and Cacti. 4-II-1951. **E.C. Ogden 5181, C.L. Gilly & E. Hernández** (h, **MEXU!**); Cuesta Colorada, sobre la carretera Puebla – Oaxaca Km 20. 18°38'N, 97°27'W. Vegetación rosetófila. Suelo somero con roca caliza. Alt. 2550 m. 26-VII-1995. **A. Valiente 1138, N. Flores, A. Casas, J. A. Soriano** (h, fl, **MEXU!**); 10 Km al W de Tehuacán, autopista entre Pino Suárez y la desviación a Huajuapán. Matorral rosetófilo con Agave aff. macroculmis, Yucca periculosa, Myrtillocactus geometrizans, Acacia y Opuntia. Suelo calizo. Abundante. Alt. 1800 m. 24-III-1996. **A. García-Mendoza 6177 y L. de la Rosa** (h, fl, flores en alcohol, **MEXU!**); 10 Km al W de Tehuacán, autopista entre Pino Suárez y la desviación a Huajuapán. Matorral rosetófilo con Agave aff. macroculmis, Yucca periculosa, Myrtillocactus geometrizans, Acacia y Opuntia. Abundante. Alt. 1800 m. 24-III-1996. **A. García- Mendoza 6178 y L. de la Rosa** (h, br, fl, flores en alcohol, **MEXU!**); Meseta de San Lorenzo, 8 Km al O de Tehuacán. Matorral rosetófilo de Yucca, Agave y Beaucarnea. Suelo litosol sobre calizas. Abundante. Alt. 1770 m. 27-VII-1987. **A. García-Mendoza 3282, A. Salinas y E. Martínez** (h, **MEXU!**); **Mpio. Tepanco**: 19 Km de Tehuacán al NW. Tipo Veg. Mezquital (Secundaria). Suelo: vertisol con piedras calizas. Asoc.: Prosopis juliflora. Alt. 1700 m. 10-III-1986. **D. Zizumbo 274** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **UAT!**, Flores en FAH<sub>2</sub>O **CICY?**); **Mpio. Tepeaca**: Alt. 2200 m. 30-IV-1972. **L. W. Boege 2163** (h, **MEXU!**); Desviación a Km 32 Puebla – Tehuacán. Veg. Secundaria. Suelo: arcilloso y pedregoso, calizo. Asoc.: Schinus molle. Abundante. Cultivos de milpa y hortalizas. Alt. 2240 m. 12-IV-1986. **D. Zizumbo 291** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **UAT!**, Flores en FAH<sub>2</sub>O. **CICY?**); Km 32 Puebla – Tehuacán. Veg. Secundaria. Suelos profundos; arcillosos pedregosos calizos. Asoc.: Schinus

*molle*. Abundante. Cultivo, lindero de milpas y hortalizas. 12-IV-1986. **D. Zizumbo 292** (h, fl **MEXU!**, Flores en FAH<sub>2</sub>O.**CICY?**); **Mpio. Zapotitlán**: Loc. 5 Km al NO de San Juan Raya, sobre el camino a Zapotitlán. Matorral xerófilo. 4-VI-1996. **A. García-Mendoza 6243** (h, fl, **MEXU!**).

QUERÉTARO: **Mpio. Amealco**: San Martín. 20°15'N, 100°09'W. Alt. 2495 m. 30-XI-1995. **F. Magallán 5** (h, br, **QMEX!**); Laguna de Servín. 20°16.29'N, 100°15.761'W. Alt. 2730 m. 3-VIII-1996. **F. Magallán 15**. (h, fl, fr, **QMEX!**); **Mpio. Cadereyta**: Santa María de Gracia. 20°52.978'N, 99°37.012'W. Bosque de *Quercus* y *Juniperus*. Alt. 2400 m. 10-VIII-1996. **F. Magallán 21** (h, br, fl, **QMEX!**); **Mpio. Colón**: a 1 Km de Trigos, cerca del cerro del Zamorano. 20°54'N, 100°12'W. Poco frecuente. Alt. 2560m. 28-V-1997. **F. Magallán 63** (**IEB?**, h, br, **QMEX!**); Ejido Ajuchitlán. 20°42'N, 100°01'W. Cultivada. Muy rara. Alt. 1950 m. 11-VII-1996. **F. Magallán 13** (h, fr, **QMEX!**); **Mpio. Querétaro**: Parque Nacional El Cimatario. Selva baja caducifolia. Alt. 2010 m. 3-V-1996. **F. Magallán 9** (h, br, fl, **MEXU!**).

SAN LUIS POTOSÍ: **Mpio. Charcas**: Ejido Elorza. 22-IV-1985. **C. Arias s/n.** (fl, **ENCB!**, **UASLP?**); **Mpio. Mexquitic de Carmona**: La Colorada - Maravillas.. Cultivada. Alt. 1880 m. 2-VI-1983. **J. Tello 57** (h, fl, **ANSM!**, **CHAPA?**); La Campana. Cultivada. Alt. 1900 m. 18-VII-2003. **M. González 1301 y R. Torres** (h, fl, br, **UNL!**); **Mpio. Villa de Ramos**: Planta cultivada con *Opuntia streptacantha* y otras especies y formas de este último género. X-1984. **A. Valenzuela, A. Quintero y A. Alvarez** (fr, **MEXU!**, **IBUG?**).

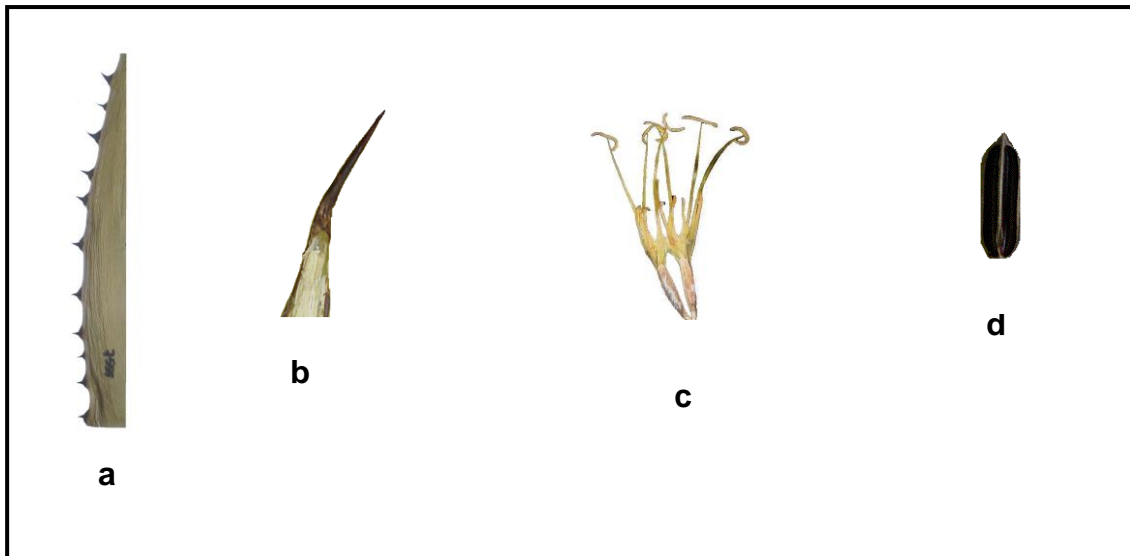
VERACRUZ: **Mpio. Acultzingo**: Km 35 Tehuacán - Orizaba. Matorral xerófilo – Selva baja caducifolia (Secundaria). Suelo calizo profundo. Linderos de milpas.

Alt. 1660 m. 12-IV-1986. **D. Zizumbo 279** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **UAT!**, Flores en FAH<sub>2</sub>O **CICY?**).

**NOMBRES COMUNES:** Distrito Federal: “maguey chalqueño”, “maguey verde”; Durango: “maguey verde”; Edo. de México: “maguey”; Hidalgo: “maguey amarillo”, “maguey manso”, “maguey de pulque”, “maguey blanco”, “maguey verde”, “agave pulquero”, “maguey manos largas”, “maguey cuerno”, “maguey chalqueño”, “maguey de púa”, “maguey prieto”, “maguey cornudo”, “maguey espina que rasga”, “maguey bueno”, “maguey puya larga”; otomí: “ts am’niuada”, “tash-huadá”, “sha’miní”; Oaxaca: “maguey manos largas”, “maguey de pulque”, “maguey cornudo”, “maguey verde”, “yavi cui”; Puebla: “agave pulquero”, “maguey con”; Querétaro: “maguey verde”; San Luis Potosí: “maguey cuerno”.

**USOS:** De los tallos se obtiene aguamiel y pulque, en Durango se utiliza en la elaboración de mezcal. Las pencas se usan para cocer barbacoa y como forraje. Los quiotes (escapos florales) horneados y las flores fritas con quelites se comen. Toda la planta es usada como cerco con *Agave americana*.

**DISTRIBUCIÓN Y HABITAT:** Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz. Se desarrolla en laderas con pendiente poco pronunciada o terrenos planos, generalmente asociada a terrenos de cultivo. Se le encuentra en un rango amplio de altitudes. Florece de abril a agosto.



**Fig. 68.** *A. salmiana* var. *salmiana*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto.



**Fig. 69.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Cultivada. San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah. Julio/2002.



**Fig. 70.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Inflorescencia. Arteaga, Coah. Julio/2002.



**Fig.71.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Cultivada. Estación Carneros, Saltillo, Coah. Julio/2002.



**Fig. 72.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Medición de hojas. Saltillo, Coah. Julio/2002.

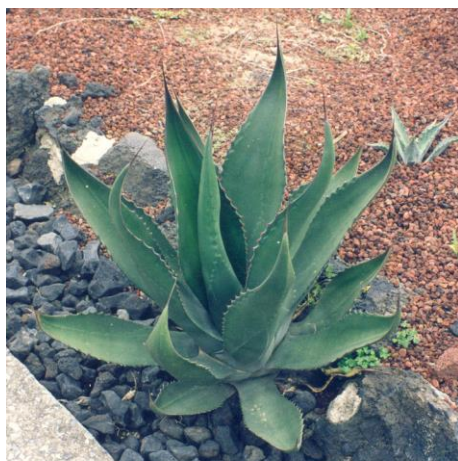


**Fig. 73.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Medición de la distancia entre los dientes. Saltillo, Coah. Julio/2002.





**Fig. 74.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Planta adulta sin inflorescencia creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Julio/2003.



**Fig. 75.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Planta en primeras etapas de desarrollo, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Julio/2003.



**Fig. 76.** *A. salmiana* var. *salmiana*. Planta en etapa juvenil, creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Julio/2003.

Gentry (1982) coloca a *Agave salmiana* var. *angustifolia* (Berger, Die Agaven 1915:135-37) dentro de la sección *Salmianae* comentando que es una planta con hojas lineares que parecen una variedad blanca de *A. mapisaga* pero que por el tipo de sus flores indican una relación con *A. salmiana* donde las colocó Berger. Este último autor, designó como ejemplar Tipo a las flores de una planta sin número, cultivada en La Mótola con fecha: 6 VIII 1909 y depositada en el herbario U.S., además, hace referencia de que esta variedad era frecuente en cultivo a través de la Rivera del Mediterráneo. Gentry por su parte reporta no haberla encontrado en Norteamérica, cita localidades de ejemplares del herbario US para el Estado de México: Rose & Painter 8040 colectado en Santa Fé, Valle de México en Agosto de 1903; para el estado de Puebla: Rose 11264, colectado cerca de Tehuacan sin fecha; para el estado de San Luis Potosí: un ejemplar colectado por Eschauzier en 1898 y otro colectado por Whiting 776 en el municipio de Charcas en 1934 del cual solo se preservaron las flores. Un ejemplar depositado en el herbario ENCB colectado por Rangel en 1993, fue erróneamente identificado como esta variedad.



***Agave salmiana* ssp. *crassispina***

***Agave salmiana*** B. Otto ex Salm-Dyck ssp. ***crassispina*** (Trel.) Gentry, *Agaves Continental N. Amer.* 609-610. 1982.

*Agave crassispina* Trel., in L. Bailey, *Stand, cycl. hort.* 1:234. 1914.

*Agave crassispina* Trel. var. *culta* Trel., in Standley, P. C., *Contr. U. S. Natl. Herb.* 23:130. 1920.

Plantas de 80 a 120 (150) cm de alto. Hojas 10-20, con ápices marcadamente sigmoidales (solo observable en campo), elípticas o ensiformes, de 70 a 100 cm de largo por 12-18 cm de ancho; márgenes córneos sólo en los ápices, de 0.5-2.0 mm de ancho, recto en el ápice y base y crenados en el resto de la hoja, debido a la presencia de mamilas prominentes, dentados, dientes deltoides o triangulares con bases anchas, de 0.6-1.0 cm, rectos o curvos hacia bajo, separados entre sí 2-4 cm, ápice largamente acuminado, espina terminal subulada, de 6-8 cm. Inflorescencia paniculiforme de 4-6 m; brácteas de la inflorescencia deltoides, de 19-26 cm de largo y 8-14 cm en su base, carnosas, verdes. Flores de 6.0-7.5 (8.0) cm de largo, amarillas, con pedicelos de 0.7-1.5 cm, cuello de 0.2-0.3 cm, tubo infundibuliforme, de 1.1-1.8 cm de largo por 1.0-1.6 cm de ancho, liso a tenuemente acanalado, tépalos lineares de 1.9-2.5 cm, la serie externa 0.1-0.2 cm, más largos que los internos, curvados hacia dentro, filamentos planos dorsiventralmente, insertos arriba de la mitad del tubo, de 5.5-7.0 (7.8) cm de largo, anteras excéntricas de 2-3 cm. ovario fusiforme o cilíndrico, de 2.2-3.5 cm No se observaron cápsulas ni semillas.

**TIPO:** ¿Trelease?, “about San Luis Potosí.”, MO.

## **EJEMPLARES EXAMINADOS:**

GUANAJUATO: **Mpio. San Luis de la Paz**:  $\pm$  95 Km al NNW de Querétaro, carr. 57 Querétaro – San Luis Potosí. Matorral xerófilo. Alt. 2080 m. 25-IV-1984. **R. Galván 1496** (fl, **MEXU!**, fl, **ENCB!**).

HIDALGO: **Mpio. Ajacuba**: Poblado Emiliano Zapata, 19 km después de Ajacuba rumbo a San Agustín Tlaxiaca (de W a E). 20°09'45"N, 99°01'45"W, matorral crassicaule altamente perturbado. Rocas riolíticas del grupo Pachuca. Alt. 2170 m. 11-IV-1990. **I. Díaz 749** (fl, br, **MEXU!**); **Mpio. Cardonal**: Cerro Cuxmaye entre El Sauz y San Antonio Sabanillas. La asociación vegetal está formada por encino, enebro, cactáceas, arbustos espinosos y otros agaves; terreno plano con rocas calizas y suelo superficial. Alt. 2600 m. 11-VI-1983. **S. Rangel 27.** (h, fl, fr, **MEXU!**); **Mpio. El Chico**: Alrededores del Cerro de las Ventanas. Ladera andesítica con encinar y manchones de *Agave* sp., *Dasyllirion acrotriche*. Alt. 2900 m. 16-V-1981. **R. Galván 794** (h, **MEXU!**, h, **ENCB!**); Alrededores del Cerro de las Ventanas. Zona rocosa con vegetación de matorral. Alt. 3000 m. 24-VIII-1983. **R. Galván 1401-b** (h, **ENCB!**); Alrededores del Cerro de las Ventanas. Matorral. Alt. 3000 m. 12-V-1987. **R. & J. D. Galván 2575** (h, **ENCB!**); Cerro de las Ventanas, 6 Km al N de Pachuca. Ladera andesítica con encinar y vegetación xerófila. Alt. 3000 m. 16-V-1981. **R. Galván 793** (fl, **ENCB!**); Cerro de las Ventanas, 6 Km al N de Pachuca. Claros pedregosos cercanos al matorral de *Juniperus*. Alt. 3000 m. I-1983. **R. Galván 1314** (h, br, **ENCB!**); **Mpio. Pachuca**: 1.5 Km al SE de Pachuca. Ladera andesítica con matorral xerófilo. Alt. 2430 m. 16-V-1981. **R. Galván 797** (h, fl, **ENCB!**); 1.5 Km al SE de Pachuca. Ladera andesítica cubierta con matorral xerófilo con abundancia de *Yucca filifera*. Alt. 2450 m. 23-V-1981. **R. Galván 806**

(h, br, fl, **ENCBI!**); 3.5 Km al SE de Pachuca. Ladera andesítica con vegetación de matorral xerófilo. Alt. 2445 m. 12-II-1983. **R. Galván 1315** (h, **ENCBI!**); 3.5 Km al SE de Pachuca. Ladera andesítica con vegetación de matorral xerófilo. Alt. 2445 m. 12-II-1983. **R. Galván 1316** (h, **ENCBI!**); 3.5 Km al SE de Pachuca. Ladera andesítica con matorral xerófilo, dominancia de *Hechtia* sp. y *Agave lechuguilla*. Alt. 2445 m. 12-II-1983. **R. Galván 1317** (h, **ENCBI!**).

PUEBLA: **Mpio. Cacaloapac**: 35 Km al NO de Tehuacán hacia Puebla. Matorral xerófilo (secundaria). Suelo calcimórfico. Asoc.: *Yucca* sp., *Opuntia* spp. Abundante. Potreros de chivos y borregos. Clima BS<sub>1</sub>. Alt. 1800 m. 10-IV-1986. **D. Zizumbo 271**. (h, bot, flores en FAH<sub>2</sub>O. **MEXU!**, **CICY?**); **Mpio. Tehuacán**: 18 Mi. N of Tehuacán along road to Puebla. Semi-arid shrub land on limestone. Alt. 6200 feet. 27-VII-1963. **H. S. Gentry 20204, 20204a, 20204b, 20204c, Barclay & Argüelles**. (h, fl, fr, foto, **MEXU!**); 4-10 Mi. SW of Tehuacán along road to Zapotitlán. Arid thorn forest over limestone hills. Alt. 5600-600 feet. VIII-1963. **H. S. Gentry 20238, Barclay & Argüelles**. (foto, **MEXU!**); **Mpio. Tepanco**: Desviación a Santa María la Alta, carretera Puebla – Tehuacán, 35 Km antes de Tehuacán. Matorral xerófilo (secundaria). Suelo calcimórfico. Asoc.: *Yucca* sp. *Opuntia* spp. Abundancia regular. Potrero de chivos y borregos. Clima BS, hw” (W). Alt. 1800 m. 11-IV-1986. **D. Zizumbo 270** (h, bot, flores en FAH<sub>2</sub>O. **MEXU!**, **CICY?**); Santa María la Alta. 35 Km al NW de Tehuacán. Matorral xerófilo (secundaria). Suelo calcimórfico. Asoc.: *Opuntia* spp, *Acacia* sp. Abundante. Linderos de cultivos de maíz. Clima BS<sub>1</sub>. Alt. 1800 m. 11-IV-1986. **D. Zizumbo 272** (h, muestra de fibra, **MEXU!**, **CICY?**); Santa María la Alta. 35 Km al NW de Tehuacán. Matorral xerófilo (secundaria). Suelo calcimórfico muy delgado. Asoc.: *Acacia* sp. *Opuntia* spp.

Abundante. Potrero de chivos y borregos. Clima BS<sub>1</sub>. Alt. 1800 m. 11-IV-1986. **D. Zizumbo 273** (h, bot, flores en FAH<sub>2</sub>O, muestra de fibra. **MEXU!, CICY?**).

QUERÉTARO: **Mpio. Cadereyta**: Santa Ma. de Gracia (El Campamento). 20°52.978'N 99°37.012'W. Bosque de *Quercus* y *Juniperus*. Muy frecuente. Alt. 2400 m. 10-VIII-1996. **F. Magallán 21.** (h, br, fl, **QMEX!, ENCB!, IEB?**); Jardín Botánico Regional de Cadereyta. 20°41'N 99°48'W. Alt. 1860 m. 4-IV-1997. **F. Magallán 45** (h, br, fl, **QMEX!, IEB?**); **Mpio. Querétaro**: Parque Nacional El Cimatario. 20°31.20'N 100°20'W. Selva Baja Caducifolia. Alt. 2010m. 3-V-1996. **F. Magallán 9.** (h, fl, br, **QMEX!, IEB?**).

SAN LUIS POTOSÍ: **Mpio. Ahualulco**: Ipiña. Terrenos aluviales con vegetación de mezquital. Alt. 2000 m. Sin fecha. **J. Rzedowski 7305.** (h, **ENCB!, UASLP?**); Ipiña. Terrenos aluviales con vegetación de mezquital. Alt. 2000 m. 11-III-1956. **J. Rzedowski 7302** (h, **ENCB!**); Carretera a Charcas Km 19. Pastizal natural – nopalera. Suelo litosol eutrico. Alt. 2000 m. 2-V-1981. **J. Tello 12** (h, fl, **MEXU!, CHAPA?**); 1 Km de la cabecera municipal, Carr. Ahualulco-Cedral. Matorral Crassicaule. Alt. 1750 m. 18-VII-2003. **M. González 1303 y R. Torres** (h, fl, **UNLI!**); **Mpio. Cedral**: Carr. Cedral-Vanegas, Terracería a Real de Catorce Km 10.5. Matorral inerme, crassirosulifolio espinoso. Suelo litosol eutrico. Alt. 2200 m. 16-V-1981. **J. Tello 23.** (h, fl, **ANSM!, CHAPA?**); **Mpio. Mexquitic de Carmona**: Mesa del Capulín, Ejido San Marcos. Alt. 2345 m. 26-VI-1985. **R. Hernández s/n** (h, **ENCB!, UASLP?**); **Mpio. Real de Catorce**: Carretera Cedral-Venegas, Terracería a Real de Catorce Km 13.3. Matorral inerme, pastizal crassirosulifolio espinoso. Suelo litosol eutrico. Alt. 2200 m. 10-V-1981. **J. Tello 22** (h, fl, **MEXU!, CHAPA?**); **Mpio. Salinas**: Km. 89 carr. San Luis Potosí - Zacatecas. Matorral micrófilo. Alt. ±

2150 m. 22-V-1982. **R. Galván 1172** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **ENCB!**); Manuel María, Carr. San Luis Potosí - Zacatecas, Km 90, Terracería a Manuel María Km 3. Nopalera, matorral subinerme. Suelo litosol eutríco. Alt. 2220 m. 25-IV-1981. **J. Tello 1.** (h, fl, **ANSM!**, **CHAPA?**); **Mpio. San Luis Potosí:** Carretera San Luis Potosí-Guadalajara. Km. 14.5 sobre la Terracería a Bledos. Matorral crassicaule con dominancia de *Opuntia* sp. Alt. 2070 m. **R. Galván 1168.** (h, fl, **ENCB!**, h, fl, **MEXU!**);  $\pm$  6 Km al W de Bocas. Ladera riolítica con vegetación de matorral de mezquite y cactáceas. Alt. 1900 m. 5-VI-1955. **J. Rzedowski 5853.** (h, **ENCB!**); Presa de San José, 10 Km al W de San Luis Potosí. Cerro con vegetación espaciada. Alt. 1900 m. 13-VI-1954. **J. Rzedowski 3005** (h, **ENCB!**); **Mpio. Villa de Guadalupe:** Carr. San Luis Potosí - Matehuala, Km 140. Matorral subinerme, izotal, nopalera. Suelo xerosol cálcico. Alt. 1460 m. 16-V-1981. **J. Tello 26.** (h, **ANSM!**, **CHAPA?**, **UASLP?**); **Mpio. Zaragoza:** Sierra de Álvarez, cerca de Puerto Huerta. Ladera caliza con vegetación de encinar destruido. Alt. 2400 m. 27-X-1954. **J. Rzedowski 5213.** (h, **ENCB!**); Camino a Armadillo, 5 Km al N de Gómez. Vegetación de encinos arbustivos. Alt. 2200 m. 10-VIII-1956. **J. Rzedowski 7956.** (h, **ENCB!**).

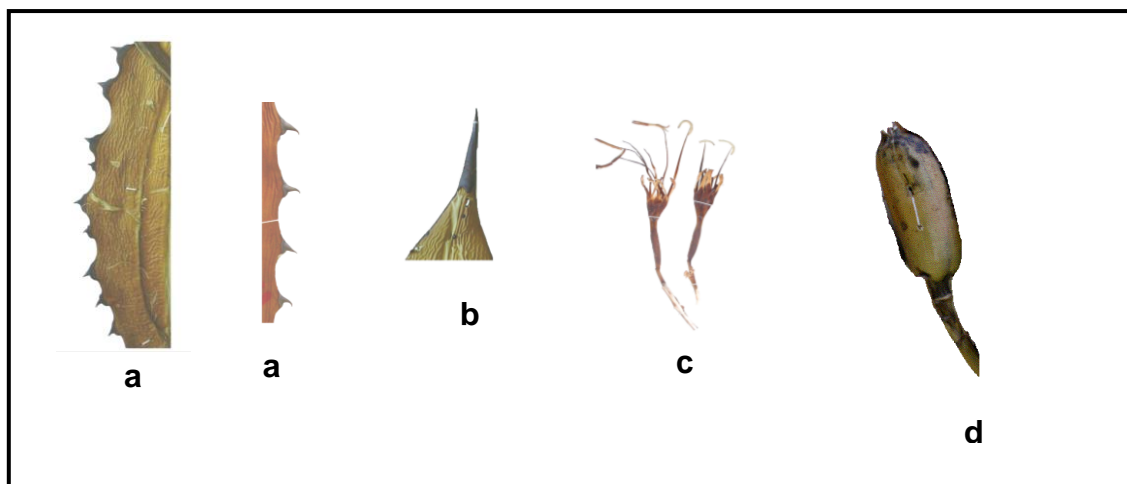
ZACATECAS: **Mpio. Pinos:** Carretera San Luis Potosí - Zacatecas. Terracería a Pinos. Km 20, Nopalera, pastizal natural. Suelo litosol eutríco. Alt. 2280 m. 22-V-1982. **J. Tello 47** (h, fl, **MEXU!**, **CHAPA?**); Km 68 carretera San Luis Potosí - Zacatecas. Nopalera con *Agave*. Suelo rojo. Algo frecuente. Alt. 2200 m. 1-VII-1977. **E. García s/n.** (h, fl, **ENCB!**, **CHAPA?**); Km 20 carretera San Luis Potosí - Zacatecas, Terracería a Pinos, matorral xerófilo. Alt. 2280 m. 22-V-1982. **R. Galván 1170.** (h, fl, **ENCB!**); Km 88 carretera San Luis Potosí - Zacatecas.

Matorral xerófilo. Alt. 2170 m. 22-V-1982. **R. Galván 1171.** (h, fl, **MEXU!**, h, fl, **ENCB!**); Saldaña, Km 56 carretera San Luis Potosí - Guadalajara. 22-V-1982. **R. Galván 1174.** (h, fl, **ENCB!**); Km 72 carretera San Luis Potosí – Zacatecas, Km 13 carr. Terracería Espíritu Santo. Creciendo a lo largo de una cerca. Alt. 2060 m. 22-V-1982. **R. Galván 1173** (h, **ENCB!**); La Pendencia. Km. 6 Carr. San Luis Potosí-Pinos. Alt. 1700 m. 19-VII-2003. **M. González 1304 y R. Torres** (h, **UNL!**); Km 54 Puente El Tecolote Carr. Zacatecas-San Luis Potosí, entre Saldaña y Santa Teresa. Matorral Crassicaule. Alt. 1900 m. 18-VII-2003. **M. González 1302 y R. Torres** (h, fl, br, **UANL!**).

**NOMBRES COMUNES:** Hidalgo: “Maguey cimarrón” otomí: “mbänuada”. Puebla: “maguey verde silvestre”. Querétaro: “maguey verde”, “maguey manso”.

**USOS:** De los tallos se obtiene aguamiel, pulque y mezcal. Las pencas se usan para cocer barbacoa, como forraje y leña. Los quiotes horneados y las flores fritas con quelites se comen.

**DISTRIBUCIÓN Y HABITAT:** Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, México, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. Se desarrolla en laderas con pendiente poco pronunciada o terrenos planos, en vegetación de matorral crassicaule, selva baja caducifolia muy perturbada, bosque de *Quercus* y *Juniperus* o terrenos de cultivo. En intervalo altitudinal de 1800-2700 m. Florece de abril a agosto.



**Fig.77.** *A. salmiana* ssp. *crassispina*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto.



**Fig.78.** *A. salmiana* ssp. *crassispina*. Planta en etapa adulta, creciendo en matorral xerófilo. Ixmiquilpan, Hgo. Oct./2001.





**Fig. 79.** *A. salmiana* ssp. *crassispina*. Planta en etapa adulta sin inflorescencia, creciendo en bosque de encino-pino. Arteaga, Coah. Mayo/2001.



**Fig. 80.** *A. salmiana* ssp. *crassispina*. Planta en etapa de fructificación. Ixmiquilpan, Hgo. Oct./2001.



***Agave salmiana* var. *ferox***

***Agave salmiana*** B. Otto ex Salm-Dyck var. ***ferox*** (K. Koch.) Gentry, *Agaves Continental N. Amer.* 611-612. 1982.

*A. ferox* K. Koch, *Wochenschr. Vereines Beförd. Gartenbaues Königl. Preuss* 3:23. 1860.

Plantas de 1-150 cm. Hojas con ápices marcadamente sigmoidales (sólo observable en campo), anchamente elípticas, de 70-90 cm de largo por 24-27 cm de ancho, márgenes córneos sólo en el ápice, de 1-2 mm de ancho, fuertemente crenados, debido a la presencia de mamilas prominentes, dentados, de color café oscuro, café grisáceo o café rojizo, dientes deltoides o triangulares con bases anchas, de 1.0-1.6 cm, de rectos a curvados hacia bajo, separados entre sí 2.0-4.5 cm, ápice agudo, espina terminal subulada, de  $\pm 6$  m. brácteas de la inflorescencia deltoides, con espina terminal rígida de color café rojizo, de 23-25 cm de largo y 11-13 cm en su base, carnosas, verdes. Flores de 6.5-7.5 cm de largo, amarillas o verdes, con pedicelos de 0.5-1.0 cm, cuello de 0.4-0.6 cm, tubo infundibuliforme, de 1.3-1.6 cm de largo por 1.0-1.3 cm de ancho, acanalado, tépalos lineares de 1.5-1.8 cm, curvados hacia adentro, filamentos planos dorsiventralmente, insertos de 1.0-1.1 cm arriba de la base del tubo, de  $\pm 6$  cm de largo, anteras excéntricas, de 1.8-2.0 cm, ovario fusiforme o cilíndrico, de 3.0-3.5 cm. Cápsulas obovoides, de 5.8-7.0 cm de largo, largamente mucronadas, café grisáceo o café oscuro; semillas ovoides, de  $\pm 0.7$  cm.

**NEOTIPO:** "From Mr. Hanbury's garden La Mótola. Flowers July 2, 1896, leaf July 18, 1896." (Sheets I, II, III, IV, flowers, leaf. Kew Herb.)

## **EJEMPLARES EXAMINADOS:**

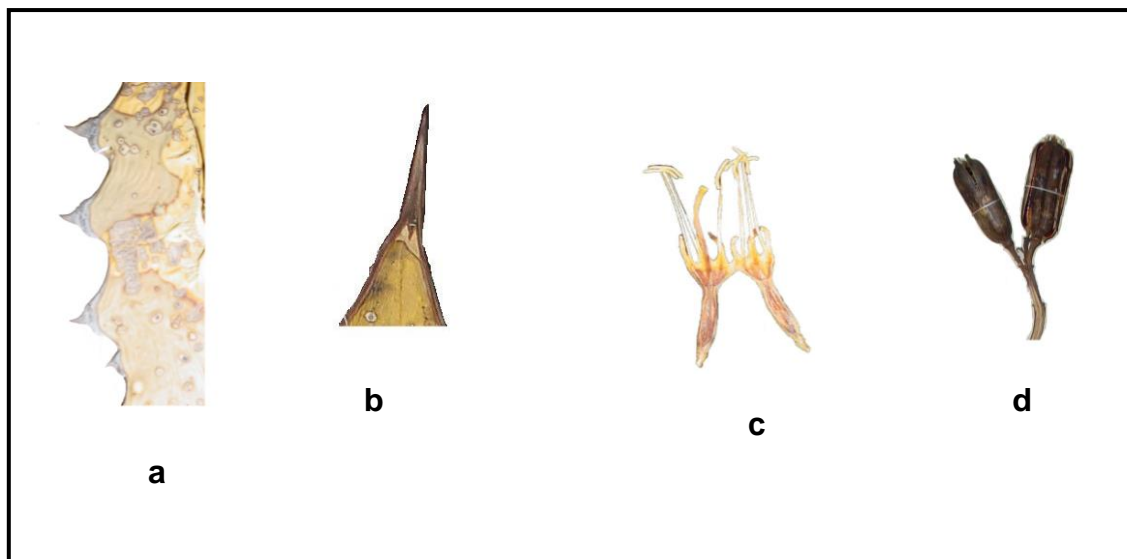
**OAXACA: Mpio. Santiago Miltepec. Distrito de Huajuapán:** 13 Km al N de Santiago Miltepec. Matorral xerófilo. 14-VIII-1985. **F. Palma 28.** (br, fl, **MEXU!**); **Mpio. Tamazulapam. Distrito de Teposcolula:** Las Pilas, 10 Km al S de Tamazulapam. Creciendo a la orilla de los terrenos. Alt. 2000 m. 14-V-1988. **A. García-Mendoza 3946, R. Torres y A. Campos.** (h, **MEXU!**); Morelos. 25 Km al S de Tamazulapam. Cultivada. A la orilla de los cultivos. Alt. 2000 m. 14-V-1988. **A. García 3945, R. Torres y A. Campos.** (h, **MEXU!**); **Mpio. Tepelmeme. Distrito de Coixtlahuaca:** 20 Km al SE de Concepción Tepelmeme sobre la carretera Tehuacan-Oaxaca. 17°50.809'N 97°22.811'W. Matorral xerófilo muy perturbado sobre calizas. Alt. 7000 pies. **A. García-Mendoza 7530, S. Franco y A. Castañeda** (h, fl, br, **MEXU!**).

**PUEBLA: Mpio. Tehuacán:** Along side road east of Córdoba high way, 4 mi. Northeast of the road to Tehuacan. Dry hillsides with cacti and Braya palm. "Maguey cimarrón". 4-II-1951. **E.C. Ogden 5172, C.L. Gilly, E. Hernández.** (h, **MEXU!**); El Riego – Santa Ana. 18-III-1948. **F. Miranda 4395.** (h, **MEXU!**); West of Tehuacan on La Mesa above El Riego. Limestone area with gray to white soil and frequent rock outcrops; thorn-scrub-cactus cover. Alt: ca. 1500 m. VII-1961. **C. Smith s/n, F. Peterson & N. Tejeda.** (h, fr, foto, **MEXU!**); **Mpio. Zapotitlán:** Chila-Zapotitlán. 15-VII-1943. **F. Miranda 2829** (h, **MEXU!**).

**NOMBRES COMUNES:** "maguey verde", "maguey manso", "maguey cimarrón".

**USOS:** De los tallos se obtiene aguamiel, pulque y mezcal. Las pencas se usan para cocer barbacoa y como forraje.

**DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT:** México, Oaxaca y Puebla. Se desarrolla en laderas con pendiente poco pronunciada o terrenos planos, en zonas de cultivo cercanas a matorral. En altitudes de  $\pm 2600$  msnm. Florece en mayo.



**Fig. 81.** *A. salmiana* var. *ferox*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flor, d) fruto.



**Fig. 82.** *A. salmiana* var. *ferox*. Creciendo en el Jardín Botánico de la UNAM. Julio/2002.



**Fig.83.** *Agave salmiana* var. *ferox*. Creciendo como planta de ornato en la Cd. de Puebla, Pue. Julio/2002.

## ***Agave tecta***

***Agave tecta*** Trel., St. Louis Acad. Sci. Trans. 23:145, 1915, pls. 26, 27.

Plantas de 2 m de altura por 3 a 4 metros de diámetro de la roseta. Hojas ampliamente oblanceoladas de 100-160 cm de largo y 30-40 cm de ancho, fuertemente ascendentes, acuminadas, profundamente convexas y gruesas en la base, margen ondulado, dientes de 8-10 mm de largo y 2-6 cm de distancia entre ellos, triangulares con los ápices aplanados, rígidos o curvados desde la base, color café, espina de 5-7 cm de longitud, subulada, decurrente. Inflorescencia de 5-7 m de alto, piramidal. Flores de 8.5-9.5 cm, amarillo verdosas, los botones teñidos de rojo, tubo funelforme de 17-18 mm de profundidad y 20 mm de ancho; tépalos desiguales linear lanceolados, los exteriores de 3.2-3.3 cm de largo y 8-9 mm de ancho, los internos más cortos; filamentos de 60-65 mm de longitud, insertos en dos niveles, de 10-13 mm arriba de la base del tubo; ovario de 3.8-4.3 cm de longitud. Cápsulas inmaduras oblongas de aproximadamente 60 mm de largo por 30 mm de ancho. No se observaron semillas.

**TIPO:** Trelease 17, about Quetzaltenango, Guatemala, 7 April 1915, ILL.

### **EJEMPLARES EXAMINADOS:**

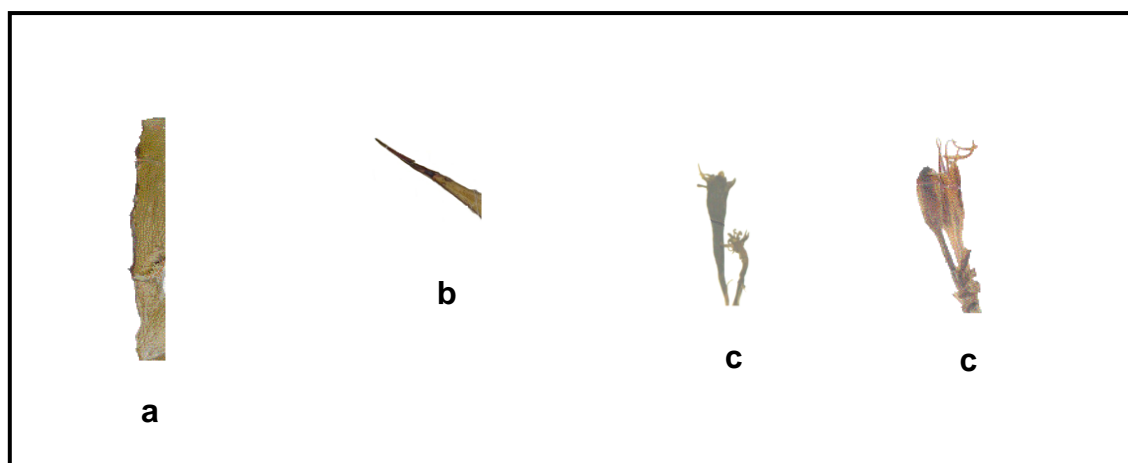
**GUATEMALA:** **Mpio. Quetzaltenango. Dpto. Quetzaltenango:** 1 Km al S de Silcájá, aprox. 10 Km al N de Quetzaltenango. 14°51'53"N, 91°28'00"W. Cultivada, creciendo como cerco vivo en linderos de fincas rústicas. Alt: 2350 m. 19-VIII-1996. **A. García-Mendoza 6285 et al.** (h, br, fl, flores en alcohol, **MEXU!**); Periférico de Xelaju. 14°51'57"N, 91°29'54"W. Muy frecuente. Creciendo como

cerco vivo en linderos de fincas rústicas. Alt. 2076m. 11-III-2002. **M. Véliz 12346**  
(h, fl, **MEXU!**; **BIGUA?**).

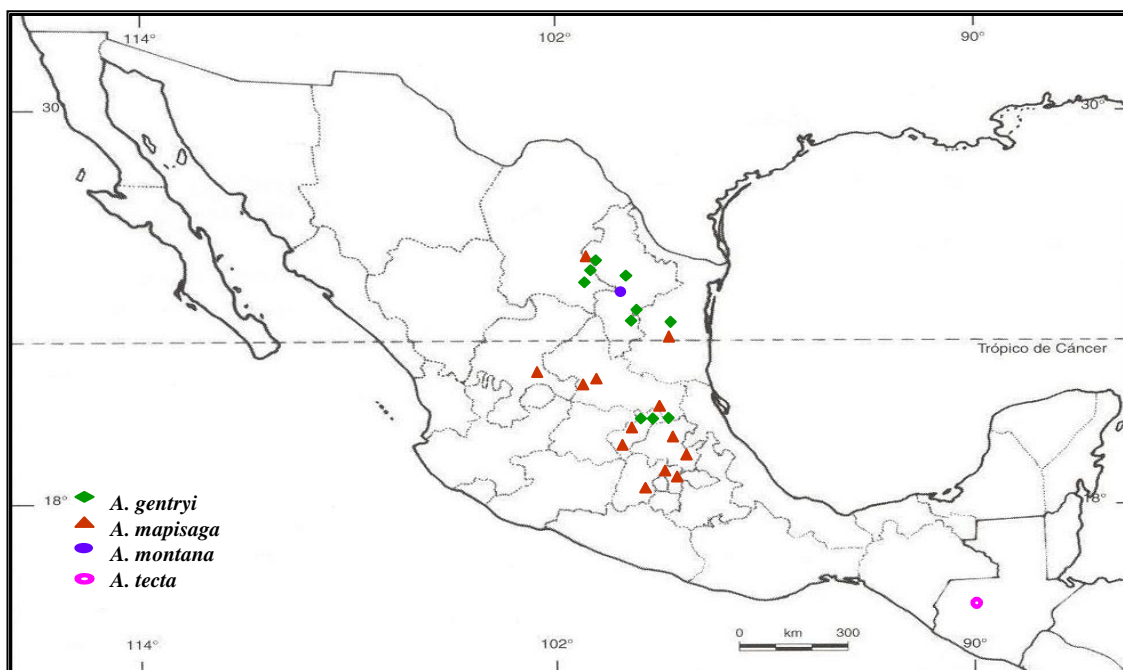
**NOMBRES COMUNES:** "Tunai"

**USOS:** Para delimitar terrenos de cultivo. Se utiliza también como planta de ornato. Creciendo como cerco vivo en linderos de fincas rústicas.

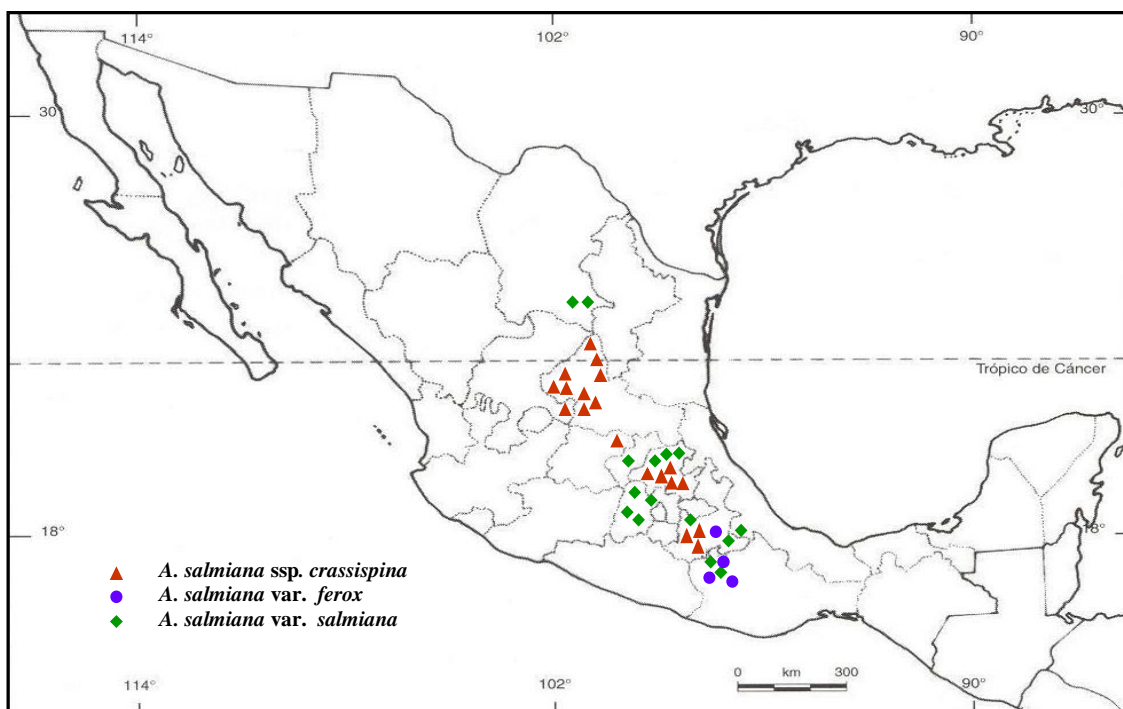
**DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT:** Guatemala. Observada solamente en cultivo, no en estado silvestre.



**Fig. 84.** *Agave tecta*. a) margen de la hoja, b) espina terminal, c) flores.



**Fig. 85.** Distribución de las especies *Agave gentryi*, *A. mapisaga*, *A. montana* y *A. tecta* en México y Guatemala.



**Fig. 86.** Distribución de *Agave salmiana* ssp. *crassispina*, *A. salmiana* var. *ferox* y *A. salmiana* var. *salmiana* en México.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1. MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA

Las especies propuestas por Gentry (1982) en la sección *Salmianae* del género *Agave*, se habían tratado taxonómicamente con base en los caracteres vegetativos y en los caracteres florales. Berger (1915) consideró las características de la forma de la inflorescencia y el agrupamiento de las flores en la misma para delimitar los subgéneros y secciones del género, al igual que Trelease (1920) sin embargo, no realizaron grandes cambios a nivel de especie. Gentry (1982), basándose principalmente en la forma y consistencia de las brácteas de la inflorescencia, propone dentro del subgénero *Agave* a la sección *Salmianae*, incluyendo en el grupo a *Agave macroculmis*; *Agave mapisaga* con dos variedades: *lisa* y *mapisaga*; *Agave salmiana* con la subespecie *crassispina*, y tres variedades: *salmiana*, *angustifolia* y *ferox*; *Agave tecta* y como especie *Incertae Sedis* a *Agave ragusae*.

Después de los estudios morfológicos realizados en los ejemplares de las especies que pertenecen a este grupo como fue propuesto por Gentry (1982), se considera que existe poca variabilidad entre los caracteres de las mismas, con excepción del número, tamaño y forma de las hojas y la forma de la inflorescencia, que ayudan a la diferenciación de los taxa a nivel de especie, subespecie y variedad.

Las especies cultivadas (*Agave mapisaga*, *Agave tecta* y *Agave salmiana* var. *salmiana* y *Agave salmiana* var. *ferox*) son las que muestran mayor tamaño de



las rosetas y variabilidad en los caracteres de las hojas, de acuerdo con Gentry (1982), esto puede ser debido al manejo al que han sido sometidas desde épocas prehispánicas por los nativos del Valle de México, lugar de su posible origen.

Con respecto a los caracteres anatómicos de las flores, de las cuales no existen evidencias bibliográficas para las especies de la sección, se observó en las flores en botón, que, en general, presentan la disposición descrita por Álvarez de Zayas (1988) para el género *Agave*, quien menciona que tanto los subgéneros *Agave* como *Littaea* y el género *Manfreda* poseen una morfología floral básicamente idéntica, por la presencia de un ovario ínfero fusiforme, perianto fundamentalmente amarillo, amarillo verdoso naranja, vináceo o rojo; el tubo perigonal comúnmente más corto que los segmentos, embudado, los estambres exertos, unidos al tubo perigonal por debajo de la garganta, el estilo cilíndrico y alargado y el estigma tres lobulado y papiloso, lo cual se corrobora en este trabajo.

Debido a que las características palinológicas de las especies del grupo o sección *Salmianae*, en la cual se incluyen a los taxa aquí estudiados, no habían sido descritas anteriormente, se pudo observar que en general presentan las características básicas proporcionadas por Kapp en 1969, Ludlow y Ojeda (1983) para *Agave angustifolia* de Yucatán y Palacios *et al.*, (1992) para las especies de Chamela, Jalisco (*Agave angustifolia* Haw. y *A. colimana* Gentry).

Los granos de polen del grupo estudiado presentan poca variabilidad con respecto al sulco ya que de acuerdo a las observaciones en MEB, las especies monosulcadas son: *Agave gentryi*, *Agave montana*, y *Agave salmiana* var. *salmiana* mientras que *Agave parrasana*, *Agave mapisaga* y *Agave salmiana* ssp. *crassispina* presentan dos sulcos; en el caso de *Agave mapisaga* se observa

variabilidad ya que algunos granos son monosulcados y otros son disulcados en el mismo ejemplar, lo que concuerda con lo expuesto por Ludlow y Ojeda (1983) para el *Agave angustifolia* de la península de Yucatán.

## 8.2. FENÉTICA

Con respecto al análisis fenético, en el cual se incluyeron caracteres cualitativos y cuantitativos de las especies de la sección, no existen antecedentes bibliográficos de éste tipo de análisis con el grupo, sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, el grupo tiene un alto grado de similitud entre las especies como se describió en el capítulo de resultados.

La revisión taxonómica del grupo como fue propuesto por Gentry en 1982, ha dado como resultado algunas modificaciones. *Agave macroculmis* Tódaro propuesto por Gentry (1982) en el grupo, fue colocado como sinónimo de *Agave gentryi* por Ullrich en 1990, siendo éste último su nombre correcto. Con respecto al *Agave mapisaga* que fue dividido en dos variedades (*mapisaga* y *lisa*), al excluirse la variedad *lisa* como se explica en el tratamiento taxonómico, se reconoce solamente a *Agave mapisaga*. En 1996, Villarreal describe una nueva especie para la ciencia: *Agave montana* cuyas características lo colocan como especie cercana a *Agave gentryi*, hecho que se corroboró a través del análisis fenético por lo que se incluye dentro del grupo *Salmianae*. En el caso del *Agave salmiana*, se excluye la variedad *angustifolia* ya que no ha sido encontrada en el país y se corrobora la presencia de la subespecie *crassispina* y las variedades *salmiana* y *ferox*, como se reporta en el tratamiento taxonómico. Con respecto a *Agave tecta*,

se corrobora su presencia en Guatemala y se considera dentro del grupo de acuerdo a los resultados obtenidos en esta revisión, mientras que *Agave ragusae*, se excluye del grupo debido a que no han sido localizadas poblaciones de esta especie, ni encontrado ejemplares de herbario en el país. Como resultado de los análisis morfológicos de *Agave parrasana* que se realizaron para el análisis fenético, se conserva en el grupo *Parryanae* donde lo colocó Gentry (1982), sin embargo se sugieren estudios más profundos de esta especie.

### **8.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y HÁBITAT**

Las especies de la sección *Salmianae* aquí estudiadas se distribuyen en regiones templadas y montañosas en la República Mexicana y Guatemala. La distribución más al norte en la República Mexicana la alcanza *Agave gentryi* en los estados de Nuevo León y Coahuila, principalmente en la Sierra Madre Oriental y en el límite sur se encuentra *Agave tecta* en Guatemala.

*Agave salmiana* var. *salmiana* es la especie que presenta más amplia distribución en el país, debido a que se cultiva extensamente. Se considera a *Agave tecta* como endémica para Guatemala, mientras que en el norte de México a *Agave montana* como endémica para el área limítrofe de Nuevo León y Coahuila, donde se ha encontrado con una distribución restringida.

De acuerdo con observaciones hechas en campo y con la información obtenida en ejemplares de herbario, las especies se localizan en diversos hábitats en la Sierra Madre Oriental, el Altiplano Mexicano y el eje volcánico en México. Su rango altitudinal es desde los 1245 m. a los 3300 m.

*Agave gentryi* se encuentra en bosque de pinos, bosque de pino-encino, bosque de coníferas, chaparral de encino, matorral de encino, matorral crassicaule, se asocia con especies de los géneros: *Pseudotsuga*, *Juniperus*, *Yucca*, *Rhus*, *Dasyllirion*, *Opuntia*, *Agave*, *Nolina*, *Sophora* y *Berberis*. En altitudes de 1245 m a 3000 m. Gentry (1982) reporta ejemplares examinados en los estados de Coahuila, Hidalgo, México, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí y Tamaulipas; Magallán (1998) lo colecta en el estado de Querétaro; mientras que Galván (1988, 2001) lo reporta para el Valle de México, sin embargo, destaca que sólo se conoce de colectas realizadas a fines del siglo XIX y principios del XX, y que su presencia más reciente fue reportada por Ogden en 1951 en los alrededores de Pachuca, Hgo.; en 1992, Rangel y Galván no reportan su presencia en el área y en recorridos recientes por la zona para esta revisión no fue encontrada debido probablemente al crecimiento del área urbana. Su distribución de acuerdo a datos recientes se reduce a los estados de Coahuila, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas.

*Agave mapisaga* se conoce solamente cultivado. Su rango altitudinal va desde los 1742 m hasta los 2730 m. En el estado de Hidalgo se encuentra en matorral desértico rosetófilo perturbado, en Querétaro cerca del matorral crassicaule. Entre la asociación vegetal se encuentra *Prosopis*, *Yucca*, *Agave lechuguilla* y cactáceas. Generalmente cultivada con *A. salmiana* y *A. atrovirens*; en terrenos semiplanos con suelo profundo. Gentry (1982) reporta a la especie con ejemplares examinados en los estados de Hidalgo, México, Oaxaca, Tamaulipas y Zacatecas, en este estudio se encontró dicha distribución, sin embargo en Oaxaca y Tamaulipas su cultivo ha sido menos extenso. También

Gentry (1982) muestra una fotografía de la especie tomada cerca de Tepatitlán, Jalisco, McVaugh (1989) menciona que no se ha reportado su presencia para el estado de Jalisco y no se encontraron ejemplares herborizados para ese estado del país. Granados (1993) reporta esta especie para el estado de San Luis Potosí en los municipios de Mexquitic, Ahualulco y Moctezuma y en el estado de Zacatecas en el municipio de Pinos, lo cual fue corroborado en este estudio. Magallán (1998) destaca su presencia como cultivada en el estado de Querétaro.

*Agave montana* fue descrito por Villarreal (1996) en la Sierra de la Marta, municipio de Rayones, Nuevo León, a la fecha no se ha reportado en otras localidades por lo que se considera de distribución restringida, en matorral bajo de *Arcostaphylos pungens*, *Ceanothus buxifolius*, *Pinus culminicola*, *P. hartwegii*, *Quercus greggii*, *Ceanothus greggii*, *Cercocarpus* sp., *Garrya* sp., y *Agave gentryi* entre otras. En altitudes de 2,800 m a 3,300 m. Esta especie fue colectada para esta revisión en 2003 en la localidad El Cedral, a 2800 m de altitud en el mismo municipio.

*Agave salmiana* var. *salmiana* solamente se conoce como planta cultivada. En el norte del país se encuentra frecuentemente con especies silvestres de *Agave americana* o *A. gentryi*, en el centro del país se cultiva con *A. mapisaga* y *A. atrovirens* y en el sur, en los estados de Puebla y Oaxaca se cultiva con especies silvestres de *Agave ferox*. Se cultiva en bosque de pino, selva baja caducifolia, pastizal en transición con bosque de *Pinus* y *Quercus*, matorral xerófilo (rosetófilo), matorral desértico calcícola, con *Opuntia*, *Acacia*, *Prosopis*, *Schinus*, *Juniperus*, *Agave*, *Yucca*, *Stenocereus*, *Hechtia*, *Senecio*, *Myrtillocactus*, *Beaucarnea* y *Opuntia*. En Altitudes de 1100 m. a 2900 m.

Gentry (1982), Mc Vaugh (1983), Galván (1988, 1990), Rangel y Galván (1992), García (1998) reportan que se conoce solamente como planta cultivada.

*Agave salmiana* ssp. *crassispina* se encuentra en muy diversos hábitats como bosque de *Quercus* y *Juniperus*, selva baja caducifolia, pastizal natural, matorral inerme, matorral subinerme, matorral micrófilo, matorral xerófilo, nopalera, mezquital, izotal. En altitudes desde 1460 m hasta 3000 m. Entre la asociación vegetal se encuentran presentes *Yucca filifera*, *Juniperus*, *Hechtia* sp., *Agave* spp., *Dasyllirion*, *Yucca* sp., *Opuntia* spp., *Acacia* sp. Gentry (1982) reporta ejemplares examinados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Zacatecas. Galván (1988) menciona que esta subespecie se encuentra en estado silvestre en el Valle de México, indicando que representa las poblaciones silvestres de *Agave salmiana* y se distingue de la variedad típica por ser una planta más pequeña y menos robusta, tanto en caracteres vegetativos como reproductores; concuerda con Gentry (1982) refiriendo que Macneish (1967) ha planteado que las poblaciones de *A. salmiana crassispina* han sido fuente natural a partir de la cual el hombre, desde tiempos prehistóricos, ha propagado las variantes cultivadas. En el Valle de México es frecuente encontrar a la subespecie *crassispina* cerca de los campos cultivados de *A. salmiana* var. *salmiana* sobre todo en áreas con matorral xerófilo. Granados (1993) destaca la importancia de esta especie como planta utilizada para producir mezcal en el altiplano Potosino-Zacatecano, de las localidades reportadas por él se visitaron los poblados de: El Chino, La Pendencia, Saldaña y Santiago del municipio de Pinos, Zacatecas, encontrando que actualmente solamente en El Chino no se cultiva la subespecie debido a que la mezcalera de la localidad suspendió sus actividades

en 1995 por lo que su cultivo ha sido abandonado. El mismo autor reporta en el estado de San Luis Potosí su cultivo en la localidad Santa Teresa del municipio de Ahualulco. Además lo expuesto anteriormente concuerda con las observaciones de Aguirre *et al.*, (2001) con respecto a la presencia de la subespecie en dichas localidades. Por lo que se corrobora en este estudio la presencia de la subespecie en el área. Magallán (1998) reporta su presencia en Querétaro.

*Agave salmiana* var. *ferox* se encuentra en matorral xerófilo perturbado, asociado con cactáceas o cultivado creciendo a la orilla de los terrenos. En altitudes de 1500 m. a 2560m. Se distribuye en los estados de México, Oaxaca y Puebla. Galván (1988, 2001) lo reporta para el Valle de México como cultivado, Gentry (1982) menciona su presencia en Santa Fé (alrededores de la Ciudad de México) por un ejemplar herborizado colectado por Trelease en 1903, actualmente con el crecimiento de la zona urbana no ha sido posible encontrarlo en el área. Magallán (1998) lo reporta para Querétaro, sin embargo se basó en un ejemplar mal identificado.

*Agave tecta* se conoce solamente como cultivada, creciendo como cerco vivo en linderos de fincas rústicas. Se presenta en forma muy frecuente en la localidad de Quetzaltenango, Guatemala, en una altitud de 2076 m a 2350 m. Gentry (1982) considera que una forma silvestre de *Agave salmiana* del valle de México fue llevada por los españoles a Guatemala para su cultivo. Lott y García (1994) consideran a esta especie como endémica para Guatemala.

#### 8.4. FITOGEOGRAFÍA

Uno de los atributos que caracterizan a las especies es su distribución geográfica, por lo que se considera a la biogeografía como una fuente de información taxonómica. La distribución de la mayoría de los tipos de vegetación en México están íntimamente relacionados con la orogénesis y el vulcanismo de acuerdo con Rzedowski (1978). Al estudiar la filogenia y evolución de la familia Agavaceae, Eguiarte (1995) indica que su análisis muestra claramente la posición de las Agavaceae y Agavales *sensu* Hutchinson dentro de las monocotiledóneas y se puede ver que constituyen un grupo relativamente compacto, al quedar todas dentro de las Asparagales de Huber (1969) y de Dahlgren *et al.*, (1985), pero en realidad constituyen un grupo heterogénero parafilético. Las Agavaceae *sensu stricto* resultaron cercanas a la hierba pantropical *Chlorophytum* (Anthericaceae) y a la hierba *Hosta* (Funkiaceae) nativa de China y Japón. Dentro de las Agavaceae *sensu stricto*, las relaciones son menos claras, debido a que las diferencias nucleotídicas entre las especies estudiadas fueron muy pequeñas, lo cual indica altas tasas de evolución morfológica y de especiación en las zonas áridas de América del Norte. Al realizar el análisis por el método de máxima verosimilitud encontró que: *Yucca* aparece como la Agavaceae más primitiva, *Beschorneria* y *Hesperaloë* como grupos intermedios y *Manfreda* y *Agave* como los taxa terminales.

Según Álvarez de Zayas (1987, 1989), el registro fósil para la familia Agavaceae es prácticamente nulo, sin embargo, sugiere que se originó en el Eoceno (hace 37 – 57 millones de años), por su parte Eguiarte (1995) menciona



que surgió hace unos 14 millones de años (considerando a *Hosta* como miembro de otra familia) y que la separación entre Agavaceae y Nolinaceae ocurrió hace unos 47 millones de años, en el Eoceno, mientras que el orden Asparagales habría surgido hace unos 84 millones de años durante el Cretácico Superior.

De acuerdo con Gentry (1982), García y Galván (1995) y Granados (1993), la Familia Agavaceae es endémica de América y las provincias fisiográficas (propuestas por Rzedowski en 1978) más ricas en especies del género *Agave* son: las provincias de las Serranías Meridionales con 34 taxa, Sierra Madre Occidental con 31, Altiplanicie con 23, Península de Baja California con 22 y Sierra Madre Oriental con 18. Las especies de la sección *Salmianae* se distribuyen, de acuerdo con Rzedowski (1978) y García y Galván (1995), de la siguiente manera: *Agave gentryi* en las provincias fisiográficas de la Sierra Madre Oriental y Serranías Meridionales (García y Galván, 1995), *Agave mapisaga* se ha observado solo como cultivada, *A. salmiana* ssp. *crassispina* en la Altiplanicie, las Serranías Meridionales y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán; *A. salmiana* var. *salmiana* en la Altiplanicie, las Serranías Meridionales y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y como cultivada; *A. salmiana* var. *ferox* en las Serranías Meridionales y el Valle de Tehuacán Cuicatlán; *Agave tecta* como cultivada y endémica para Guatemala (Lott y García, 1994); *Agave parrasana* se reporta como endémica para Coahuila (Gentry, 1982; Galván y García, 1995), mientras que *A. montana* se describe por primera vez por Villarreal (1996) para Rayones, Nuevo León.

Durante el inicio del Eoceno se presentó la orogénesis Hidalgoense, que originó el levantamiento de la Sierra Madre Oriental en el centro de México y las Sierras Madres de Oaxaca, Chiapas y Guatemala, lo cual proporcionó un área con

hábitat apropiado para las especies de la sección. Posteriormente, en el Mioceno - Pleistoceno se originó la Sierra Madre Occidental, con la consecuente formación de zonas áridas en el norte y centro de México (Guzmán y de Cserna, 1963; Ferrusquía, 1993; citados por Villarreal, 1999). Aunque el clima posiblemente fue más benigno en ese tiempo que en la época actual (Axelrod, 1979), se puede pensar que las especies de la sección restringieron su distribución a las áreas montañosas, como se presenta actualmente. A fines del Plioceno y hasta épocas recientes, la actividad volcánica formó el Eje Volcánico Transversal (Guzmán y de Cserna, 1963; Ferrusquía, 1993; citados por Villarreal, 1999), lo que dividió a México en las regiones montañosas del norte y el sur. El aislamiento de poblaciones durante los períodos interglaciares muy probablemente favoreció la diferenciación o variabilidad de las especies, y la distribución actual es probable que refleje las áreas refugio con condiciones más favorables. De acuerdo con Gentry (1982) y debido a que la distribución actual de *Agave salmiana* es más próxima al centro de México, es probable que su diversificación se inició en las partes montañosas de esta área y la aparición del Eje Volcánico Transversal dió lugar a la separación o fragmentación de sus poblaciones, por lo que actualmente la subespecie *crassispina* se encuentra en forma silvestre con más amplia distribución en el altiplano Potosino-Zacatecano, y la variedad *ferox* con más amplia distribución en el sur (Puebla y Oaxaca). La especie *gentryi* presenta la distribución más al norte de la Sierra Madre Oriental y la especie *montana* sólo se conoce en una localidad de Nuevo León.

## **8.5. IMPORTANCIA ECONÓMICA**

Las especies de la sección *Salmianae* han sido una fuente importante de ingresos para las comunidades rurales de México. Se han empleado tradicionalmente para la obtención de bebidas (aguamiel, pulque, mezcal, aguardiente), obtención de fibras, como forraje, algunas de sus partes son comestibles, se utilizan también como plantas ornamentales, de acuerdo a las zonas en las que se cultivan o crecen como plantas nativas. En el tratamiento taxonómico se detallan sus usos y los nombres comunes con los que se conocen en las diversas localidades donde crecen.

## 9. CONCLUSIONES

En el presente estudio de las especies de la Sección *Salmianae* del género *Agave*, se hizo la evaluación del número de taxa existentes en la República Mexicana y Guatemala, corroborándose la presencia de cuatro especies (*Agave gentryi*, *Agave mapisaga*, *Agave salmiana* y *Agave tecta*), se excluye una especie (*Agave ragusae*) y dos variedades (*Agave mapisaga* var. *lisa* y *Agave salmiana* var. *angustifolia*). Se incluye en el grupo a *Agave montana*.

Se corrobora la posición taxonómica de *Agave salmiana* con dos categorías infraespecíficas (una subespecie y dos variedades).

*Agave gentryi* es el nombre correcto del taxón denominado anteriormente *Agave macroculmis*.

De acuerdo con las observaciones realizadas en las especies de la sección *Salmianae*, el tamaño del polen presenta poca variabilidad con rangos de longitud de 70 µm a 90 µm en el eje polar mayor y de 60 µm a 73 µm en el eje polar menor. *Agave mapisaga* y *Agave salmiana* ssp. *crassispina* presentan granos de polen disulcados. *Agave montana*, *Agave gentryi* y *Agave salmiana* var. *salmiana* con granos de polen monosulcados.

Las especies del grupo *Salmianae* son endémicas para México con excepción de *Agave tecta* que crece como cultivada en Guatemala.

## 10. RECOMENDACIONES

Se recomienda que posteriormente se enriquezca la información presentada en esta investigación, mediante la realización de estudios de Biología molecular y cromosómicos de las especies del grupo *Salmianae* como una contribución para corroborar su posición taxonómica.

## 11. LITERATURA CITADA

- Aguirre R., J. R., H. Charcas S. y J. L. Flores F. 2001. El Maguey Mezcalero Potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Gob. del Edo. de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 87 pp.
- Álvarez de Zayas, A. 1986. Las Inflorescencias de Agavaceae. Revista del Jard. Bot. Nac. Univ. de la Habana, Cuba. 7(2):3-14.
- Álvarez de Zayas, A. 1987. Sistemática y Filogenia de la Familia Agavaceae Endlicher. Ph.D. Thesis. La Habana, Cuba. Universidad de la Habana.
- Álvarez de Zayas, A. y E. Köhler. 1987. Morfología de las Agavaceae y algunos géneros afines. Grana 26:25-45.
- Álvarez de Zayas, A. 1988. Morfología y Anatomía Floral de las Agavaceae. Revista del Jard. Bot. Nac. Univ. de la Habana, Cuba. 9(3):37-57.
- Álvarez de Zayas, A. 1989. Distribución geográfica y posible origen de las Agavaceae. Revista del Jardín Botánico Nacional. Universidad de la Habana, Cuba. 10:25-36.
- Axelrod, D. I. 1979. Age and Origin of Sonoran Desert Vegetation. Occas. Pap. Calif. Acad. Sci. 132:1-87.
- Ayala R., G. L. y G. Ruíz S. 1999. Usos del Maguey Pulquero, *Agave salmiana*, en México. Mundo Agropecuario. Morelia, Michoacán. 31:17-18.
- Baker, G. J. 1888. "Suborden III. *Agaveae*". Handbook of the *Amaryllidae*. Edit. George Bell and Sons. England.
- Belbin, L. 1985. A background briefing in Numerical Taxonomy or does your handbag match your shoes? Proceeding of the Digital Equipment Computer Users Society Symposium, hobart. Pp.15-22.
- Bentham, G. y J. D. Hooker. 1883. Genera Plantarum. Reeve & Co., London 3(2):447-1258.
- Berger, A. 1915. Die Agaven Beitrage zu einer monographie. Verlang Von Gustav Fisher, Jenna 228 pp.

- Burgess, T.L. 1985. Agave Adaptation to Aridity. Symposium on the Genus Agave. Desert Plants 7(2): 39-50.
- Bye B., R. 1994. Usos tradicionales de los Agaves en México. Primer Simposio Internacional sobre Agavaceas. Jard. Bot. del Inst. de Biol. U.N.A.M. y grupo académico de las Agavaceas. Pág.21-22.
- Crisci, J. V. 1978. Clasificación Biológica: Naturaleza, Objetivos, Fundamentos. Obra del Centenario del Museo de la Plata. Bot.3: 51.
- Crisci, J. V. y M. F. López. 1983. Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Serie de Biología. Monografía no. 26. Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. 129 pp.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden. New York. 1261 pp.
- Crosswhite, F. 1985. Agave and the Pre-Cortés Religion of the Mexican Altiplano Central. En: Pinkava J. y H. S. Gentry (editores). Desert Plants. University of Arizona. 7(2): 50, 115-116.
- Dahlgren, R. M. T. y H. T. Clifford. 1982. The Monocotyledons: A comparative study. London: Academic Press.
- Dahlgren, R. M. T., H. T. Clifford y F. P. Yeo. 1985. The families of the monocotyledons. Structure, evolution and taxonomy. Springer Verlag, Berlin. 520 pp.
- Donoghue, M. J. 1985. Pollen diversity and exine evolution in *Viburnum* and the Caprifoliaceae *sensu lato*. J. Arnold Arbor. 66:421-469.
- Eguiarte, L. E. 1995. Hutchinson (Agavales) vs. Huber y Dahlgren (Asparagales): Análisis moleculares sobre la filogenia y evolución de la familia Agavaceae *sensu* Hutchinson dentro de las monocotiledóneas. Bol. Soc. Bot. México. 56:45-56.
- Eguiarte, L. E., Souza V. y A. Silva-Montellano. 2000. Evolución de la Familia Agavaceae: filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones. Bol. Soc. Bot. México. 66:131-151.

- Espejo, A. y A. López. 1993. Las Monocotiledóneas Mexicanas. Una Sinopsis Florística. I. Lista de Referencia. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. y Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. 76 pp.
- Faegri K. y J. Iversen. 1975. Textbook of Pollen Analysis. 3 ed. Blackwell Scientific Publications. London. 295 pp.
- Galván V., R. 1988. Las Familias Amaryllidaceae, Juncaceae y Liliaceae en el Valle de México. Tesis Doctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. 348 pp.
- Galván V., R. 1990. El género *Agave* en el Valle de México. *Cac. Suc. Méx.* 35:30-34.
- Galván V., R. 2001. Agavaceae. *En: Flora Fanerogámica del Valle de México.* Rzedowski y Rzedowski Editores, CONABIO, Instituto de Ecología A. C. 1242-1250.
- García M., A. 1995. Riqueza y Endemismos de la Familia Agavaceae en México. *En: Linares E., Dávila P., Chiang F., Bye R. y T. Elias (editores). Conservación de Plantas en Peligro de Extinción: Diferentes Enfoques.* Inst. de Biol. U.N.A.M. México, D.F. 51-75.
- García M., A. y R. Galván V. 1995. Riqueza de las Familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Bol. Soc. Bot. México* 56: 7-24.
- García M., A. 1998. Con Sabor a Maguey. Guía de la Colección Nacional de Agavaceas y Nolináceas del Jardín Botánico del Instituto de Biología – UNAM. Inst. de Biología, UNAM. 114 pp.
- Gentry, H. S. 1972. The Agave Family in Sonora. Agriculture Handbook No. 399. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. 195 pp.
- Gentry, H. S. 1976. La Simbiosis Hombre = *Agave*. *Cact. Suc. Mex.* XXI (1):16-23.
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. University of Arizona Press. Tucson, Az. 670 pp.
- Gómez-Pompa, A. 1963. El género *Agave*. *Cact. Suc. Mex.* 8(1):3-25.



- Gómez-Pompa, A., R. Villalobos y A. Chimal. 1971. Studies in the Agavaceae. I. Chromosome morphology and number of seven species. *Madroño* 21:208-211.
- Goncalves, O. 1956. El maguey y el Pulque en los Códices Mexicanos. Fondo de Cultura Económica. México-Buenos Aires. 275 pp.
- Granados S., D. 1993. Los Agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. 252 pp.
- Guerrero G., R. 1980. El Pulque. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 241 pp.
- Hernández S., L. 1994. Análisis filogenético de Agavaceae y Nolinaceae con base en su morfología. Primer Simposio Internacional sobre Agavaceas. *Jard. Bot. del Inst. de Biol. U.N.A.M. y grupo académico de las Agavaceas*. Pág.14.
- Hernández S., L. 1995. Análisis Cladístico de la familia Agavaceae. *Bol. Soc. Bot. México* 56:57-68.
- Hernández S., L. 1998. Sistemática de Agavaceae y Nolinaceae: una perspectiva desde el siglo VIII. *Biología Informa. Boletín Informativo de la Licenciatura en Biología. UAQ.* 9:6-11.
- Holmgren, P. K., N. H. Holmgren y L. C. Barnett (Eds.) 1990. *Index Herbariorum Part I: The herbaria of the world*. 8a. ed. The New York Botanical Garden, New York. 693 pp.
- Huber, H. 1969. Die Samenmekmale und Verwandtschaftsverhältnisse der Liliifloren. *Mit Bot Staatssamml Muenchen* 8:219-538.
- Hull, D. L. 1970. Contemporary Systematic Philosophies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1:19.
- Hutchinson, J. 1934. *The Families of Flowering Plants II. Monocotyledons*. MacMilan and Co., London. 243 pp.
- Jacobi, G. A. (von). 1864-1867. Uebersicht einer systematischen ordnung der Agaveen. *Jahresb. Schles. Ges. Vaterl. Cult.* 45:64-75.
- Jones, B. 1988. *Sistemática Vegetal. Segunda Edición*. Editorial McGraw-Hill . México. 480 pp.

- José J., R. 1993. El Crecimiento y las prácticas culturales de los Agaves pulqueros del Valle de México. Tesis. Biólogo. Escuela Nacional de Estudios Profesionales. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma De México. México, D. F. 82 pp.
- José J., R. y E. García M. 2000. Remoción Cuticular (mixiote) y desarrollo foliar en los agaves pulqueros (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*). Bol. Soc. Bot. México. 66:73-79.
- Kapp, R. O. 1969. How to Know Pollen and Spores. WM. C. Brown Co. Publ. USA. 249 pp.
- Kohlmann, B. 1994. Algunos aspectos de la Taxonomía Numérica y sus usos en México. En: Taxonomía Biológica. Ediciones Científicas Universitarias. U.N.A.M. y Fondo de Cultura Económica. México, D. F. Págs. 95-116. Compiladores: J. Llorente e I. Luna.
- Krause, K. 1930. Liliaceae. En: Engler A. (Ed.) Pflanzenreich. 15a. 351-362. Leipzig: Engelmann.
- Lawrence, G.H.M. 1951. Taxonomy of Vascular Plants. The MacMillan Co. New York. 823 pp.
- Lott, E. J. y A. García-Mendoza. 1994. Agavaceae. En: Flora Mesoamericana. Davidse G., M. Sousa S. y A. Chater (Editores generales). Instituto de Biología, UNAM. Missouri Botanical Garden. The Natural History Museum (London). Vol. 6:35-47
- Ludlow, B. y L. Ojeda. 1983. El Polen del Género *Agave* para la Península de Yucatán. Bol. Soc. Bot. México. 44: 29-42.
- Ludlow, B., L. Almeida L. y Y. Sugiura. 2003. Palinomorfos del Holoceno en la cuenca alta del Río Lerma, Estado de México, México. Bol. Soc. Bot. México. 72:59-105.
- Magallán H., F. 1998. Las Agaváceas de Querétaro. Tesis. Facultad de Ciencias Naturales. Univ. Autónoma de Querétaro. Qro. Méx. 155 pp.
- Magallán H., F. y L. Hernández. 2000. La Familia Agavaceae en el Estado de Querétaro, México. Bol. Soc. Bot. México. 66:103-112.

- Martínez M., R. y S. E. Meyer. 1985. A Demographic Study of Maguey Verde (*Agave salmiana* ssp. *crassispina*) Under Conditions of Intense Utilization. *En*: Pinkava J. y H. S. Gentry (editores). Desert Plants. University of Arizona. 7(2):61-64, 101-102.
- Matuda E. y I. Piña. 1980. Las Plantas Mexicanas del Género *Yucca*. Colección Misc. Edo. de México. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. México D.F. 145 pp.
- McVaugh, R. 1989. *Agave* L. *En*: Flora Novo-Galiciana. The University of Michigan Herbarium. Ann Arbor, Michigan. Vol. 15: 126-148.
- Medina, A. y F. Orozco. 1901. Contribución a la bioquímica del Agave. Bol. de la Soc. Agrícola, México. 25(33):373-383.
- Medina, E. y N. Quezada. 1975. Panorama de las artesanías otomíes del Valle del Mezquital. Instituto de Investigaciones Antropológicas, U.N.A.M., México.
- Méndez L., I. y J. L. Villaseñor R. 1997. Breve Guía para el Uso de NTSYS-pc En Estudios de Taxonomía Numérica. Dpto. de Bot. Inst. de Biol. UNAM. 19 pp.
- Montes R., E. y H. Palacios J. 1982. Estudios sobre cuatro especies de Agave para la fabricación de tableros aglomerados. Promotora del maguey y del nopal. Estudios y proyectos no. 34. México. 20 pp.
- Mulford, I. 1896. A Study of the Agaves of the United States. Mo. Bot. Gard. Vol. 7:47-100.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University Press. 270 pp.
- Nobel, P.S. 1994. Adaptations of Agaves to arid conditions. Primer Simposio Internacional sobre Agavaceas. Jard. Bot. del Inst. de Biol. U.N.A.M. y grupo académico de las Agavaceas. Pág.15.
- Ojeda, L., B. Ludlow W. y R. Orellana. 1984. Palinología de la Familia Agavaceae, para la Península de Yucatán. Biótica 9:379-398.
- Ojeda, L. 1988. Palinología de Agavaceae, una contribución sistemática. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- Ojeda, L. y B. Ludlow W. 1995. Palinología de Agavaceae, una contribución biosistemática. Bol. Soc. Bot. México. 56:25-43.

- Palacios Ch., R., Arreguín S. Ma. de la L. y D. L. Quiroz G. 1992. Polen de la Familia Agavaceae de la Estación de Biología Chamela, Jalisco. Cact. Suc. Mex. XXXVII:87-91.
- Palma C., F. de J. 2000. Agaves productores de fibras duras en el estado de Oaxaca, México. Bol. Soc. Bot. México. 66:93-102.
- Parra N., L. A. 2003. Familia Agavaceae: Especies de Importancia económica y su propagación biotecnológica. Memorias. 1er. Simposium Nacional de Agave. Tequila y Mezcal. CIDEFRUTA, S.C. 75-85 p.
- Parsons, J. R. y J. A. Darling. 2000. Maguey (*Agave* spp.) Utilization in mesoamerican civilization: a case for precolumbian "pastoralism". Bol. Soc. Bot. México. 66:81-92.
- Pax, F. 1887. Amaryllidaceae. En: Engler A. y K. Prantl (Eds.). Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig. Verlag.
- Pax, F. y K. Hoffman. 1930. Amaryllidaceae. En: Engler A. ed. Pflanzenreich. 15ª. 391-430.
- Piñol G., M. L. 1970. Variación del fenotipo de *Agave horrida* Lem. ex Jacobi. Tesis. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, D.F. 183 pp.
- Ramírez, L. A. 1936. Distribución de los Agaves en México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. México. 2:17-45.
- Ramírez, L. A. 1936a. Contribución al conocimiento de los agaves del Valle de Actopan, Hidalgo. An. Inst. Biol. Univ. Nac. México. 7: 235-240.
- Rangel C., S. 1987. Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital. Tesis Licenciatura. E. N. E. P. Iztacala, U.N.A.M. México. 155 pp.
- Rangel C., S. y R. Galván V. 1992. Notas sobre el género *Agave* en el Valle del Mezquital. Cact. Suc. Mex. XXXVII (4): 93-100.
- Reko, B. P. 1946. Los Géneros Fanerogámicos Mexicanos. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 4:19-40.
- Rivera, C. 1983. Estudio citogenético y fitogeográfico de *Agave* aff. *tequilana* y *A. karwinskii* Zucc. en los Valles de Tehuacán, Puebla y Centrales de Oaxaca, México. Tesis. ENEP-Iztacala, U.N.A.M. México.

- Roca, J. y R. Llamas. 1901. Consideraciones sobre el valor alimenticio del pulque. Bol. de la Sociedad Agrícola, México. 25(33):362-371.
- Rocha E., A., Torres C., T. E., Alvarado V., M. A. y R. Foroughbakhch. 2004. Morfología del Polen de algunas especies ornamentales en Monterrey, N. L. México. Tópicos Selectos de Botánica. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L. México. 220-223.
- Rohlf, F. J. 1998. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Version 2.1. Exeter Software, New York. 223 pp.
- Rzedowski, J. 1964. Las Zonas Áridas del centro y noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. P. 135-169.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. LIMUSA, México. 432 pp.
- Salinas P., L. 2000. Testimonio de un Otomí. *En*: Maguey. Artes de México. CONACULTA. INBA. No. 51:30-45.
- Sneath, P.H.A. y R.R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 573 pp.
- Sokal, R. R. y J. H. Camin. 1965. The Two Taxonomies: Areas of Agreement and Conflict. Syst. Zool. 14. 176.
- Sokal, R.R. y P.H.A. Sneath. 1963. Principles of Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 359 pp.
- Synott, T. 1989. Informe sobre los Agaves de Nuevo León. Cact. Suc. Mex. XXXIV. No. 4: 64-72.
- Takhtajan, A. L. 1980. Outline of a classification of flowering plants (Magnoliophyta). Bot. Rev. 46: 225-359.
- Tello B., J. J. 1983. Utilización del Maguey (Agave spp.) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Escuela de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 125 pp.
- Tello B., J. y E. García M. 1985. The Mezcal Industry in the Altiplano Potosino-Zacatecano of North-Central México. *En*: Pinkava J. y H. S. Gentry (editores). Desert Plants. University of Arizona. 7(2): 81-87.

- Tello B., J. J. 1988. Análisis Gráfico-Tabular de dos poblaciones silvestres de Maguey mezcalero (*Agave salmiana* Otto ex Salm, ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis. Maestro en Ciencias especialista en Botánica. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica. Chapingo, México. 123 pp.
- Toledo, V. M. 1994. La Diversidad Biológica de México. Nuevos Retos para la Investigación en los Noventas. Ciencias. 34:43-59.
- Traub, H. P. 1953. The tribes and genera of the Agavaceae. *In: Plant Life*.9:134-136.
- Trelease, W. 1907. *Agave macrocentha* and allied Euagaves. *In: Mo. Bot. Gard. Ann. Rep.* 18:231-56.
- Trelease, W. 1920. Amaryllidaceae. *En: Standley, P.C. Trees and Shrubs of Mexico. Contr. U. S. Natl. Herb. Vol. 23:* 107-142,1645-1646.
- Ullrich, B. 1990. *Agave macroculmis* Todaro en *Agave gentryi* Ullrich spec. Nov. *Succulenta* 69 (10):210-214.
- Verhoek, S. 1975. A study of the tribe Poliantheae (including *Manfreda*) and revisions of *Manfreda* and *Prochnyanthes* (Agavaceae). Ph. D. Thesis. Cornell University. 405 pp.
- Villarreal Q., J. A. 1996. Una Nueva Especie de *Agave* subgénero *Agave* (Agavaceae) de México. *SIDA* 17(1):191-195.
- Villarreal Q., J. A. 1999. Revisión Taxonómica del Género *Abelia* (Caprifoliaceae) para México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM.144 pp.
- Villaseñor R., J. L. e I. Méndez L. 1998. Notas Básicas de Fenética (Taxonomía Numérica). Dpto. de Botánica. Inst. de Biología, UNAM. 24 pp.
- Walton, M. K. 1977. The evolution and localization of mezcal and tequila in Mexico. *Geográfica*. 85:113-132.
- Zúñiga P., V. y K. A. Grellmann. 1982. Transformación de bagazos de *Agave* de diferentes especies en forraje altamente digerible y proteína unicelular. Promotora del maguey y del nopal. Estudios y Proyectos No. 35. México. 35 pp.

# **12. ANEXO**

## 12.1. CLAVES TAXONÓMICAS

### A) CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE SUBGÉNEROS DEL GÉNERO *Agave*:

1. Inflorescencia espiciforme, con flores dispuestas en grupos hasta de 10 sobre el eje floral... .. **Subgénero *Littaea***

1. Inflorescencia paniculiforme, con flores agrupadas en conjuntos umbelados dispuestos sobre las ramas... .. **Subgénero *Agave***

### B) CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE ESPECIES DE LA

#### SECCIÓN *Salmianae* DEL SUBGÉNERO *Agave*:

1. Rosetas usualmente no excediendo un metro de alto; hojas triangular lanceoladas, de menos de un metro de longitud..... .. **2**

1. Rosetas usualmente de un metro o más de alto; hojas lineares a lanceoladas de 1-2 m o más de longitud... .. **3**

2. Hojas 40 – 50 por roseta, inflorescencia aovada ... .. ***A. gentryi***

2. Hojas 80-100 por roseta, inflorescencia ovoide. ... .. ***A. montana***

3. Hojas lineares, la mayoría de 1.8-3 m de longitud y 19-30 cm de ancho, dientes de 4-5 mm de longitud; espinas 3-5 cm de longitud. ... .. ***A. mapisaga***

3. Hojas ampliamente lanceoladas, de 0.7-2 m de longitud y 24-40 cm de ancho, dientes de 5-10mm de longitud; espinas de 5-10 cm de longitud.. ... .. **4**

4. Tépalos de 32-33 X 8-9 mm; hojas ampliamente lanceoladas, usualmente no más de 1.5 m de longitud, el ápice no marcadamente sigmoideo-curvado. Guatemala ... .. ***A. tecta***

4. Tépalos de 21-30 X 5-8 mm; hojas anchamente elípticas, de más de 1.5 m de longitud (excepto ssp. *crassispina*), el ápice sigmoidalmente curvado. México. ... .. ***A. salmiana***



**C) CLAVE PARA LA DETERMINACIÓN DE SUBESPECIES Y  
VARIEDADES DE *Agave salmiana***

- 1. Rosetas con hojas de 1.0-1.2 m; flores de 8-10 cm.....**var. *salmiana***
- 1. Rosetas con hojas de 0.6-1.0 m; flores de 6.0-7.5 cm.....**2**
- 2. Hojas de 13-18 cm de ancho, con dientes de 6-10 mm.....**ssp. *crassispina***
- 2. Hojas de 24-27 cm de ancho, con dientes de 10-16 mm..... **var. *ferox***